

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Ingeniería Térmica y Fluidos



TRABAJO DE FIN DE GRADO

**CLIMATIZACIÓN DE UN EDIFICIO  
DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA  
GEOTÉRMICA**

Delia Rodríguez Álvarez

Grado en Ingeniería Mecánica

Leganés, Junio de 2012



## **Presentación**

El presente documento constituye un Trabajo de Fin de Grado. Se redacta y se defiende para la obtención del título de:

Grado en Ingeniería Mecánica

por la Universidad Carlos III de Madrid

### **Título**

Climatización de un edificio de oficinas mediante energía geotérmica

### **Autora**

Delia Rodríguez Álvarez

### **Tutor**

Jose Luis Pinela Ocaña

### **Tribunal**

Eduardo Antonio Fernández Tarrazo

Raquel Lizarte Mayo

Carolina Álvarez Caldas

### **Fecha**

Junio de 2012



## Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Antecedentes.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivo.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Normativa de aplicación.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>Introducción a la geotermia .....</b>	<b>15</b>
1.4.1	Situación actual de la geotermia. Clasificación de los recursos. ....	15
1.4.2	Principio de funcionamiento de la bomba de calor. ....	16
<b>2</b>	<b>MEMORIA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Memoria descriptiva.....</b>	<b>20</b>
2.1.1	Descripción y características del edificio .....	20
2.1.2	Pasos a seguir en el proyecto.....	22
2.1.3	Condiciones de diseño .....	22
2.1.3.1	Condiciones interiores de cálculo.....	22
2.1.3.2	Condiciones exteriores de cálculo.....	22
2.1.4	Cálculo de la transmitancia térmica de los cerramientos .....	23
2.1.4.1	Zonificación climática .....	23
2.1.4.2	Clasificación de los espacios.....	23
2.1.4.3	Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes .....	23
2.1.4.4	Cálculo de los parámetros característicos de la demanda .....	24
2.1.4.5	Limitación de la demanda energética .....	24
2.1.5	Cálculo de cargas térmicas.....	24
2.1.5.1	Carga térmica de calefacción en invierno .....	24
2.1.5.2	Carga térmica de refrigeración en verano.....	25
2.1.6	Selección del sistema de climatización .....	25
2.1.6.1	Elección de la bomba de calor.....	26
2.1.6.2	Elección del fluido circulante.....	26
2.1.6.3	Elección de la configuración.....	26
2.1.6.4	Elección de los tubos.....	26
2.1.6.5	Dimensionamiento del intercambiador de calor enterrado .....	26
2.1.7	Instalación de climatización y configuración de equipos.....	27
2.1.7.1	Unidades terminales .....	27
2.1.7.2	Circuito hidráulico .....	27
<b>2.2</b>	<b>Memoria de cálculo .....</b>	<b>29</b>
2.2.1	Condiciones de diseño .....	29
2.2.1.1	Condiciones interiores de cálculo.....	29

2.2.1.2	Condiciones exteriores de cálculo .....	30
2.2.2	Cálculo de la transmitancia térmica de los cerramientos .....	31
2.2.2.1	Datos previos.....	31
2.2.2.1.1	Zonificación climática.....	31
2.2.2.1.2	Clasificación de los espacios .....	31
2.2.2.1.3	Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes.....	32
2.2.2.2	Cálculo de los parámetros característicos de la demanda .....	32
2.2.2.2.1	Cerramientos en contacto con el aire exterior .....	32
2.2.2.2.2	Cerramientos en contacto con el terreno.....	33
2.2.2.2.3	Particiones interiores.....	34
2.2.2.2.4	Muro exterior.....	35
2.2.2.2.5	Cubierta.....	35
2.2.2.2.6	Suelo sobre local no climatizado.....	36
2.2.2.2.7	Ventanas .....	36
2.2.2.3	Limitación de la demanda energética .....	37
2.2.2.3.1	Parámetros característicos medios.....	38
2.2.3	Cálculo de la demanda energética del edificio .....	40
2.2.3.1	Introducción .....	40
2.2.3.2	Procedimiento de cálculo.....	41
2.2.3.3	Carga térmica de calefacción en invierno .....	41
2.2.3.4	Carga térmica de refrigeración en verano.....	46
2.2.3.5	Comentarios sobre las cargas térmicas .....	50
2.2.4	Selección del sistema de climatización .....	51
2.2.4.1	Diseño del intercambiador geotérmico.....	51
2.2.4.1.1	Procedimiento de diseño .....	52
2.2.4.1.2	Elección de la bomba de calor .....	52
2.2.4.1.3	Elección del fluido circulante .....	54
2.2.4.1.4	Elección de la configuración .....	55
2.2.4.1.5	Elección de los tubos.....	56
2.2.4.1.6	Dimensionamiento del intercambiador de calor enterrado .....	59
2.2.4.1.6.1	Temperaturas máximas y mínimas de la tierra .....	60
2.2.4.1.6.2	Temperaturas máximas y mínimas de entrada del fluido a la bomba de calor .....	61
2.2.4.1.6.3	Diferencia de temperaturas entre el circuito y el suelo .....	62
2.2.4.1.6.4	Resistencia de los tubos al flujo de calor .....	62
2.2.4.1.6.5	Resistencia de la tierra.....	62
2.2.4.1.6.6	Factor de utilización.....	65
2.2.4.1.7	Longitud del intercambiador enterrado .....	68
2.2.4.2	Instalación de climatización y configuración de equipos .....	70
2.2.4.2.1	Unidades terminales .....	70
2.2.4.2.2	Circuito hidráulico.....	72
2.2.4.2.2.1	Selección del diámetro de tuberías .....	73
2.2.4.2.2.2	Aislamiento de las tuberías.....	75
2.2.4.2.3	Bomba circuladora.....	76
2.2.4.2.4	Vaso de expansión .....	78
2.2.4.2.5	Distribución de aire: red de conductos de impulsión y red de extracción de aire.....	79
2.3	Anexos.....	80
2.3.1	Superficies de las plantas del edificio .....	80
2.3.1.1	Superficies de la Planta Baja.....	80

2.3.1.2	Superficies de la Planta Primera .....	82
2.3.1.3	Superficies de Planta Segunda .....	83
2.3.1.4	Superficies de la Planta Tercera .....	84
2.3.1.5	Superficies de la Planta Cuarta .....	85
2.3.1.6	Superficies de la Planta Quinta.....	86
2.3.1.7	Superficies de la Planta Sexta .....	87
2.3.2	Fichas justificativas de la opción simplificada .....	89
2.3.2.1	Cálculo de los parámetros característicos medios .....	89
2.3.2.2	Conformidad con la demanda energética .....	91
2.3.3	Hojas de cálculo de cargas térmicas .....	92
2.3.3.1	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la planta baja del edificio A	92
2.3.3.2	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la planta baja del edificio B	93
2.3.3.3	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la planta baja del edificio A	94
2.3.3.4	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la planta baja del edificio B	95
2.3.3.5	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la primera planta del edificio A	96
2.3.3.6	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la primera planta del edificio B	97
2.3.3.7	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la primera planta del edificio A	98
2.3.3.8	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la primera planta del edificio B	99
2.3.3.9	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la segunda planta del edificio A	100
2.3.3.10	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la segunda planta del edificio B	101
2.3.3.11	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la segunda planta del edificio A	102
2.3.3.12	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la segunda planta del edificio B	103
2.3.3.13	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la tercera planta del edificio A	104
2.3.3.14	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la tercera planta del edificio B	105
2.3.3.15	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la tercera planta del edificio A	106
2.3.3.16	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la tercera planta del edificio B	107
2.3.3.17	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la cuarta planta del edificio A	108
2.3.3.18	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la cuarta planta del edificio B	109
2.3.3.19	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la cuarta planta del edificio A	110

2.3.3.20	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la cuarta planta del edificio B	111
2.3.3.21	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la quinta planta del edificio A	112
2.3.3.22	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la quinta planta del edificio B	113
2.3.3.23	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la quinta planta del edificio A	114
2.3.3.24	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la quinta planta del edificio B	115
2.3.3.25	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la sexta planta del edificio A	116
2.3.3.26	Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la sexta planta del edificio B	117
2.3.3.27	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la sexta planta del edificio A	118
2.3.3.28	Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la sexta planta del edificio B	119
2.3.4	Instituto Geológico y Minero de España (IGME).....	120
2.3.4.1	Hoja Magna nº559 de Madrid del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).....	120
2.3.4.2	Detalle de situación del edificio del proyecto en la hoja Magna nº559 del IGME .....	121
2.3.4.3	Columnas de muestreo de la zona de situación del edificio .....	122
2.3.5	Cálculo del factor de utilización .....	123
2.3.5.1	Modo calefacción de invierno.....	123
2.3.5.2	Modo refrigeración de verano .....	125
2.3.6	Especificaciones técnicas de los aparatos elegidos.....	127
2.3.6.1	Especificaciones técnicas de la bomba de calor escogida .....	127
2.3.6.2	Especificaciones técnicas de las sondas geotérmicas escogidas .....	129
2.3.7	Propuesta de presupuesto de la renovación de la instalación de climatización.....	130
<b>3</b>	<b>PLANOS .....</b>	<b>133</b>
<b>3.1</b>	<b>Alzado.....</b>	<b>134</b>
<b>3.2</b>	<b>Planta Baja .....</b>	<b>135</b>
<b>3.3</b>	<b>Planta primera .....</b>	<b>136</b>
<b>3.4</b>	<b>Planta segunda.....</b>	<b>137</b>
<b>3.5</b>	<b>Planta tercera .....</b>	<b>138</b>
<b>3.6</b>	<b>Planta cuarta.....</b>	<b>139</b>
<b>3.7</b>	<b>Planta quinta.....</b>	<b>140</b>
<b>3.8</b>	<b>Planta sexta.....</b>	<b>141</b>
<b>3.9</b>	<b>Distribución Fan Coils Planta Baja.....</b>	<b>142</b>



<b>3.10</b>	<b>Distribución Fan Coils Planta primera.....</b>	<b>143</b>
<b>3.11</b>	<b>Distribución Fan Coils plantas segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta .....</b>	<b>144</b>
<b>3.12</b>	<b>Distribución de las sondas geotérmicas en el terreno.....</b>	<b>145</b>
<b>3.13</b>	<b>Sondas geotérmicas Pe-Xa Rehau .....</b>	<b>146</b>
<b>3.14</b>	<b>Bomba de Calor Ferroli.....</b>	<b>147</b>
<b>4</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>149</b>
<b>4.1</b>	<b>Pliego de condiciones generales .....</b>	<b>149</b>
<b>4.2</b>	<b>Pliego de condiciones facultativas .....</b>	<b>149</b>
4.2.1	Agentes Intervinientes .....	149
4.2.1.1	Promotor .....	149
4.2.1.2	Contratista .....	150
4.2.1.3	Dirección facultativa .....	154
4.2.2	Documentación.....	156
4.2.3	Replanteo y acta de replanteo .....	156
<b>4.3</b>	<b>Pliego de condiciones técnicas.....</b>	<b>157</b>
4.3.1	Instalaciones .....	158
4.3.1.1	Calefacción y A.C.S. ....	158
4.3.1.1.1	Ventilación .....	160
4.3.1.2	Electricidad.....	165
4.3.1.3	Aire acondicionado. Depósitos.....	173
4.3.2	Obras auxiliares para instalaciones.....	186
4.3.2.1	Paramentos .....	186
4.3.2.2	Suelos .....	194
4.3.2.3	Falsos techos .....	197
<b>4.4</b>	<b>Pliego de condiciones económicas.....</b>	<b>198</b>
4.4.1	Fianzas y seguros.....	199
4.4.2	Plazo de ejecución y sanción por retraso.....	199
4.4.3	Precios.....	199
4.4.4	Mediciones y valoraciones.....	202
4.4.5	Certificación y abono .....	203
<b>4.5</b>	<b>Pliego de condiciones legales.....</b>	<b>204</b>
<b>5</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>210</b>
<b>5.1</b>	<b>Mediciones.....</b>	<b>211</b>
<b>5.2</b>	<b>Precios unitarios .....</b>	<b>211</b>
<b>5.3</b>	<b>Presupuesto general.....</b>	<b>212</b>

<b>5.4</b>	<b>Resumen de presupuesto.....</b>	<b>214</b>
<b>6</b>	<b>ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL .....</b>	<b>216</b>
<b>7</b>	<b>ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>225</b>
<b>7.1</b>	<b>OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....</b>	<b>225</b>
7.1.1	OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	225
7.1.2	ESTABLECIMIENTO POSTERIOR DE UN PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA .....	225
<b>7.2</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....</b>	<b>226</b>
7.2.1	TIPO DE OBRA .....	226
7.2.2	SITUACIÓN DEL TERRENO Y/O LOCALES DE LA OBRA .....	226
7.2.3	ACCESOS Y COMUNICACIONES .....	226
7.2.4	SERVICIOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN AFECTADOS POR LA OBRA .....	226
7.2.5	DENOMINACIÓN DE LA OBRA .....	227
<b>7.3</b>	<b>ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>227</b>
7.3.1	AUTOR DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	227
7.3.2	PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA .....	227
7.3.3	PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO .....	227
7.3.4	NÚMERO DE TRABAJADORES.....	227
7.3.5	RELACIÓN RESUMIDA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR .....	228
<b>7.4</b>	<b>FASES DE OBRA CON IDENTIFICACION DE RIESGOS .....</b>	<b>228</b>
7.4.1	ALBAÑILERÍA .....	228
7.4.2	ESTRUCTURAS METÁLICAS. COLOCACIÓN DE PERFILES Y CERCHAS .....	229
7.4.3	INSTALACIONES ELÉCTRICAS BAJA TENSIÓN.....	230
7.4.4	AIRE ACONDICIONADO .....	231
7.4.5	CALEFACCIÓN.....	232
7.4.6	FALSOS TECHOS.....	232
7.4.7	SOLADOS Y ALICATADOS.....	233
7.4.8	PINTURA.....	233
<b>7.5</b>	<b>RELACIÓN DE MEDIOS HUMANOS Y TÉCNICOS PREVISTOS CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS</b>	<b>234</b>
7.5.1	MAQUINARIA .....	234
7.5.2	MEDIOS DE TRANSPORTE.....	238
7.5.3	MEDIOS AUXILIARES.....	240
7.5.4	HERRAMIENTAS .....	243
7.5.5	TIPOS DE ENERGÍA .....	250
7.5.6	MATERIALES.....	251
7.5.7	MANO DE OBRA, MEDIOS HUMANOS .....	259
<b>7.6</b>	<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS.....</b>	<b>259</b>
7.6.1	PROTECCIONES COLECTIVAS.....	259
7.6.1.1	PROTECCIONES COLECTIVAS PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA.....	270
7.6.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS) .....	277
7.6.3	PROTECCIONES ESPECIALES.....	283

7.6.3.1	GENERALES.....	283
7.6.3.2	PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA .....	285
	AIRE ACONDICIONADO .....	285
7.6.4	NORMATIVA A APLICAR EN LAS FASES DEL ESTUDIO .....	292
7.6.4.1	NORMATIVA GENERAL .....	293
7.6.4.2	NORMATIVA PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA.....	313
7.6.4.3	NORMATIVA PARTICULAR A CADA MEDIO A UTILIZAR .....	320
7.6.5	DIRECTRICES GENERALES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS DORSOLUMBARES .....	327
7.6.5.1	CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA .....	328
7.6.5.2	ESFUERZO FÍSICO NECESARIO .....	328
7.6.5.3	CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO DE TRABAJO.....	328
7.6.5.4	EXIGENCIAS DE LA ACTIVIDAD.....	329
7.6.5.5	FACTORES INDIVIDUALES DE RIESGO .....	329
7.6.5.6	MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	330
7.6.5.6.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO GENERAL.....	332
7.6.5.6.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA .....	334
7.6.5.7	INSTALACIONES GENERALES DE HIGIENE EN LA OBRA .....	337
7.6.5.8	VIGILANCIA DE LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS EN LA OBRA .....	339
7.6.5.9	OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO EN MATERIA FORMATIVA ANTES DE INICIAR LOS TRABAJO	341
7.7	LEGISLACIÓN, NORMATIVAS Y CONVENIOS DE APLICACIÓN AL PRESENTE ESTUDIO: .....	342
7.8	CONCLUSIÓN.....	344
8	DIAGRAMA DE GANTT .....	346
9	BIBLIOGRAFÍA .....	350



# 1 Introducción

El presente documento se trata del Trabajo de Fin de Grado para la obtención del título de Grado en Ingeniería Mecánica por la Universidad Carlos III de Madrid.

## 1.1 Antecedentes

La empresa Iberdrola, S.A., que posee su sede principal en Madrid, pretende instalar un sistema de climatización por bomba de calor en su edificio.

El presente proyecto abordará una de las instalaciones de mayor demanda en un edificio de oficinas en la zona.

## 1.2 Objetivo

El proyecto que aquí se desarrolla, tiene como objeto principal diseñar el sistema de captación de calor del sistema de climatización de un edificio de oficinas en Madrid.

El continuo aumento de demanda energética que se viene desarrollando año tras año en España, lleva a querer implantar un sistema basado en algún tipo de energía renovable. Por ello, el sistema de climatización se centrará en una bomba de calor geotérmica.

Para desarrollarlo, se pretende:

Calcular la demanda energética del edificio, basado en el cálculo de cargas térmicas.

Analizar el terreno donde implantar el sistema de sondas geotérmicas, para determinar las dimensiones y disposición de las mismas.

Aplicar el sistema diseñado al edificio, mediante las unidades de climatización necesarias.

Realizar un presupuesto detallado del proyecto.

Queda excluido de este proyecto el suministro de agua, electricidad y gas. Tampoco se contempla el diseño de la instalación para agua caliente sanitaria.

### **1.3 Normativa de aplicación**

Para llevar a cabo un proyecto de climatización de esta índole, se aplicará la normativa vigente en este momento:

El código técnico de la edificación (CTE), que se trata del *marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad*. En concreto se atenderá especialmente a los documentos básicos (DB) contenidos en el CTE:

DB-HE: Ahorro de energía, cuyo objetivo consiste en *conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable*.

DB-HS: Salubridad, que consiste en *reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato*.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), REAL DECRETO 1027/2007, *que tiene por objeto establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado*.

Normas UNE de aplicación en este campo, se irán nombrando cuando se apliquen.

Además, se utilizarán documentos de seguimiento recomendado:

La guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica, desarrollado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

La guía técnica de instalaciones de climatización por agua, desarrollado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

De este modo se conseguirá optimizar el uso de la energía, llegando a diseñar un edificio eficiente, respaldado por el marco normativo vigente.

## **1.4 Introducción a la geotermia**

### **1.4.1 Situación actual de la geotermia. Clasificación de los recursos.**

La geotermia es una práctica habitual desde hace más de veinte años en países del centro y norte de Europa. Sin embargo, es una de las fuentes de energía renovables menos explotadas en nuestro país, para entender el por qué de esta situación es necesario ahondar en este campo.

La Tierra posee en su interior un núcleo incandescente que se encuentra a gran temperatura. Lo rodea un magma, que en ocasiones aflora la superficie, a través de los volcanes, atravesando las grietas que puedan existir entre el núcleo y la corteza.

Es fácilmente entendible que la temperatura de la Tierra va aumentando en relación con la profundidad que se desciende. Normalmente se encuentra en unos 3°C cada 100 metros, con gradientes que pueden oscilar entre los 0,9 y 5°C/100 metros. Esta energía, que la Tierra desprende en forma de calor, y que puede ser aprovechada, es lo que se denomina geotermia.

La clasificación de este tipo de energía se realiza en función de la temperatura del fluido y la profundidad a la que se encuentra. A partir de estas características, presenta unas aplicaciones u otras.

Geotermia de alta entalpía: por encima de 150 °C. Es la que se utiliza para generar potencia en centrales eléctricas, mediante ciclos de potencia binarios o la tecnología flash entre otros.

Geotermia de media entalpía: entre 35°C y 150°C. Es empleada de forma directa para producir frío por absorción, termalismo, o sistemas de calefacción de distrito.

Geotermia de baja entalpía: por debajo de 35°C, en profundidades hasta 150 o 200 metros. Se aprovecha en aplicaciones de climatización, depósitos de calor para descongelar carreteras heladas, etcétera.

Para producir potencia, es necesario extraer calor de algún yacimiento geotérmico o sumidero de agua a altas temperaturas. En países del norte de Europa, es muy utilizado este sistema para generar electricidad. Sin embargo, en las profundidades de España no se encuentra ningún yacimiento aprovechable para este fin. Por tanto, las aplicaciones de utilidad deben ser mediante los que se suele denominar bombas de calor geotérmicas.

Las bombas de calor tienen como principal ventaja el ahorro y la eficiencia que suponen (entre un 40% y un 60% de la energía utilizada para climatización según el sistema con el que se compare). Además se trata de una energía renovable y ofrece multitud de variables y ventajas en cuanto a la integración arquitectónica.

Por otro lado, esta aplicación tiene capacidad de integrarse con otras fuentes de energía renovables, a las que complementa, y puede ayudar a su desarrollo (por ejemplo, junto a paneles solares para la producción de agua caliente sanitaria).

Sin embargo, en España este tipo de energía renovable ha tenido muy escaso desarrollo, mientras que en Alemania, Suecia, Austria o Suiza, se ha ido consolidando la bomba de calor geotérmica, desde finales de los años setenta.

#### 1.4.2 Principio de funcionamiento de la bomba de calor.

Bomba de calor es una máquina que transfiere el calor desde un foco frío a otro caliente utilizando una cantidad de trabajo relativamente pequeña. La aplicación en climatización es la siguiente:

En calefacción (invierno): el foco caliente es el exterior, y el foco frío es el interior de edificio o casa a calefactar (se extrae calor del exterior y se introduce en el interior).

En refrigeración (verano): el foco caliente es el interior, y el foco frío es el exterior (se cede calor del interior y se expulsa al exterior para bajar la temperatura del local)

En la siguiente figura se puede ver esquematizado este comportamiento para ambos casos.

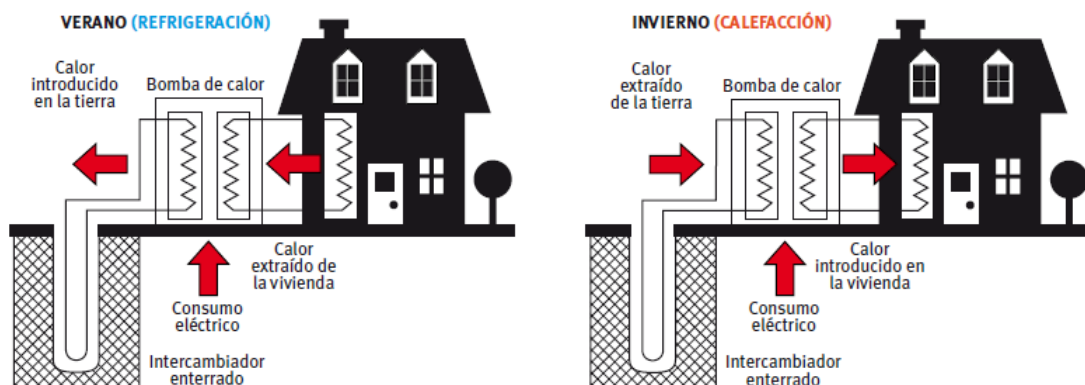


Figura 1. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor en verano e invierno. Fuente: IDAE [4]



Si se refiere a la bomba de calor de tipo geotérmico, combinando ambos casos se puede llegar a una solución de climatización muy óptima, debido a la poca variación de la temperatura con la profundidad ( $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).

En concreto, la temperatura de la tierra, a lo largo de todo un año, oscila de forma diferente según la profundidad en que se estudie. En la superficie, la temperatura puede variar hasta  $13^{\circ}\text{C}$ , mientras que por debajo de 10 metros de profundidad, la oscilación de la temperatura es prácticamente nula. En la siguiente gráfica se puede observar la oscilación a lo largo de un año de la temperatura de la tierra.

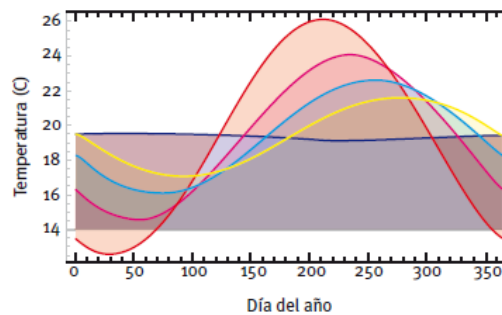


Figura 2. Oscilación de la temperatura de la tierra durante un año. Fuente: IDAE [4]

Esta condición es la que se aprovecha para las aplicaciones de bomba de calor geotérmica mediante captadores. La configuración de los captadores geotérmicos es cuestión de diseño del sistema, pero básicamente existen dos tipos de configuraciones: vertical, u horizontal.

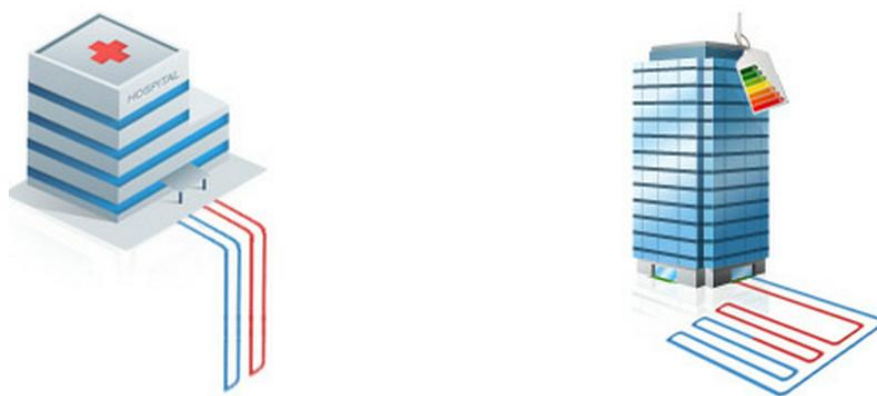


Figura 3. Tipos de disposiciones de los captadores geotérmicos. (Fuente: empresaeficiente.com)

Volviendo al funcionamiento de una bomba de calor, ésta realiza un ciclo de compresión y expansión del fluido refrigerante de su interior para conseguir ese intercambio de calor entre

el evaporador en un foco y el condensador en otro. Se puede utilizar solo en uno de los modos de frío o calor, pero lo interesante es que se utilice en ambos modos. Esto se consigue con un ciclo de bomba de calor reversible. En la siguiente figura puede verse la disposición de los elementos y la dirección del fluido refrigerante (caloportador) de una bomba de calor de este tipo.

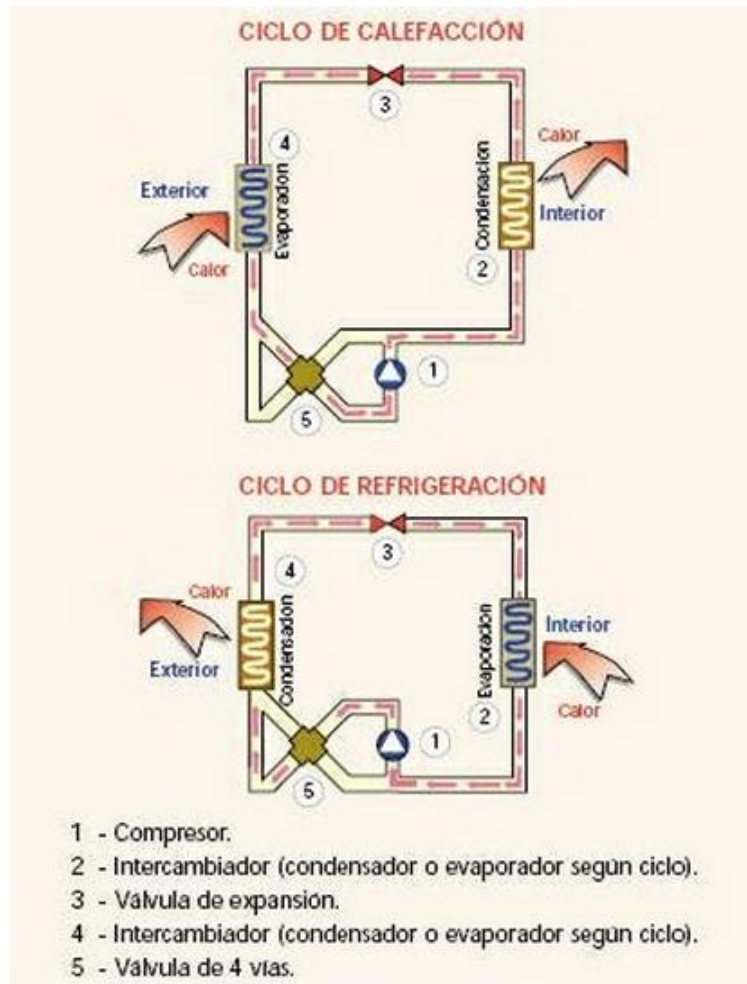


Figura 4. Esquema del ciclo de una bomba de calor reversible. (Fuente: repsol.com)

Al rendimiento del equipo trabajando en modo calor se le denomina COP (Coefficient of Performance) y en modo frío EER (Efficiency Energy Rate). Son parámetros que sólo dependen de la temperatura de trabajo de los focos frío y caliente.



## 2 Memoria

### 2.1 Memoria descriptiva

#### 2.1.1 Descripción y características del edificio

En este capítulo, se muestran las características y necesidades del edificio a climatizar, así como su emplazamiento, orientación, climatología y entorno geológico.

El edificio a climatizar se encuentra en la Calle Tomás Redondo, nº1, en el municipio de Madrid.

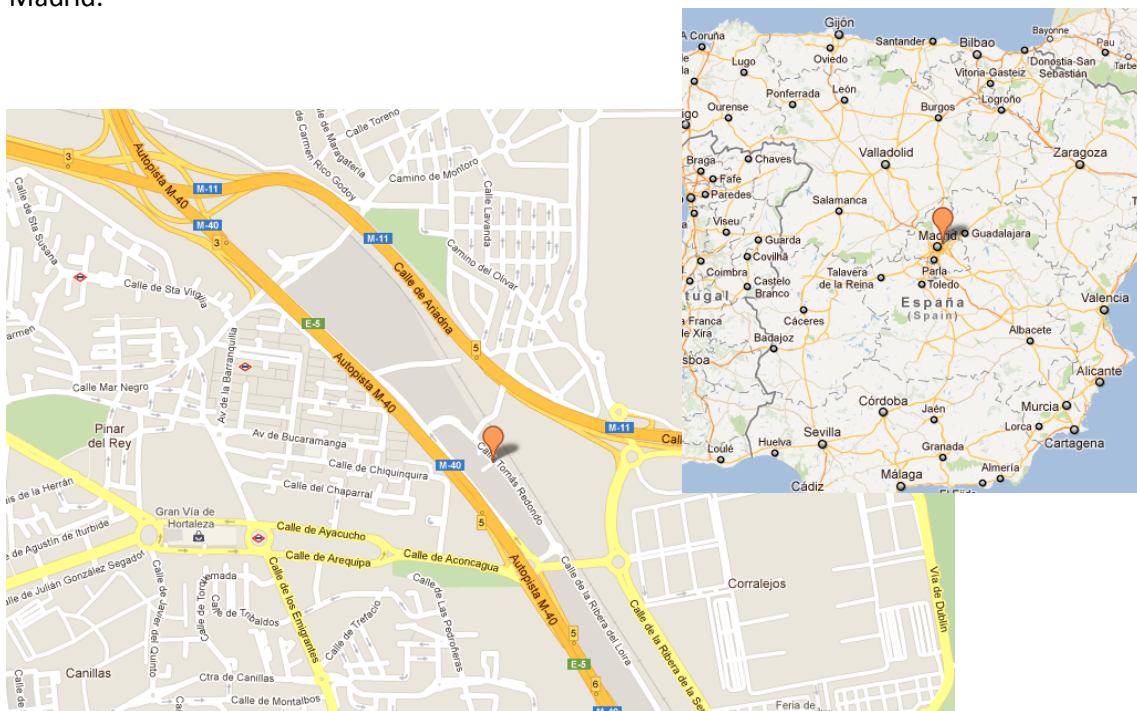
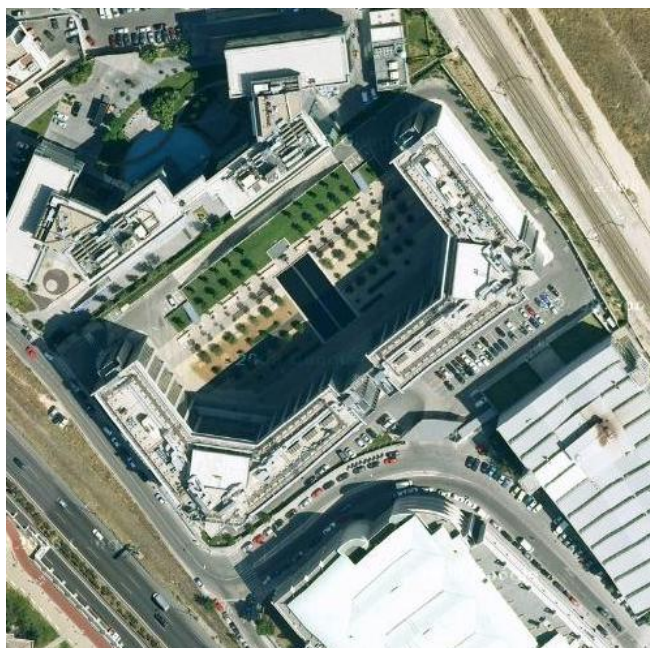


Figura 5. Ubicación geográfica del edificio a climatizar

Tiene forma de “u” y posee un gran espacio abierto, delante de la fachada principal, que será objeto de cálculo para instalar en él las sondas geotérmicas. En una vista aérea se puede apreciar la orientación del edificio, y el emplazamiento en el que se encuentra.



**Figura 6. Vista aérea del edificio a climatizar**

Está dividido en dos edificios: edificio A, (orientación este) y edificio B (orientación oeste). Cada uno de estos edificios están unidos entre sí y ambos cuentan con siete plantas (planta baja, primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta). El aparcamiento subterráneo será excluido de la climatización en el este proyecto, quedando aplicado exclusivamente a los departamentos en los que existan personas trabajando.

La distribución de superficies del edificio queda desglosada y resumida en la siguiente tabla:

Planta	Superficie edificio A (m <sup>2</sup> )	Superficie edificio B (m <sup>2</sup> )
Baja	1486,58	1631,28
Primera	1623,75	1614,69
Segunda	1740,64	1721,50
Tercera	1736,18	1736,84
Cuarta	1732,99	1687,35
Quinta	1719,77	1707,49
Sexta	1727,24	1656,56
<b>Total por edificios</b>	<b>11767,15 m<sup>2</sup></b>	<b>11755,71 m<sup>2</sup></b>

**Superficie total a climatizar: 23522,86 m<sup>2</sup>**

**Tabla 1. Desglose por plantas de las superficies a climatizar**

## **2.1.2 Pasos a seguir en el proyecto**

Se debe proceder de forma ordenada, como se indica a continuación, para las instalaciones objeto de diseño, según recoge el RITE, en su instrucción técnica 1.2. sobre la exigencia de eficiencia energética.

Cálculo de cargas térmicas del edificio

Cálculo de la demanda térmica anual del edificio

Selección del sistema de climatización

## **2.1.3 Condiciones de diseño**

Para calcular las cargas térmicas del edificio es necesario establecer unas condiciones de diseño iniciales, de modo que se cumpla con la limitación de la demanda energética, recogida en la sección HE 1 del Código Técnico de la Edificación (CTE).

### **2.1.3.1 Condiciones interiores de cálculo**

Las condiciones interiores de diseño se recogen en la instrucción técnica IT 1.1.4.1.2 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), en la que se fija la temperatura operativa y la humedad relativa en base a la actividad metabólica de las personas y grado de vestimenta.

Se establece una temperatura de confort de 24°C y un 50% de humedad relativa (HR) para verano, y 22°C y 50% HR en invierno.

### **2.1.3.2 Condiciones exteriores de cálculo**

Las condiciones exteriores de cálculo se obtienen de la norma UNE-EN 10001:2001 para la ciudad de Madrid. Se establecen las temperaturas de diseño exteriores de acuerdo a los valores extremos que se alcanzan en dicha ciudad. En invierno, la temperatura será de -3,7°C (mínima del mes de enero), y en verano de 35°C (máxima del mes de julio).

## 2.1.4 Cálculo de la transmitancia térmica de los cerramientos

### 2.1.4.1 Zonificación climática

El edificio del proyecto se encuentra situado en la ciudad de Madrid. Según el CTE, la zona climática a la que pertenece es la D3.

### 2.1.4.2 Clasificación de los espacios

Los espacios interiores se clasifican en espacios habitables y no habitables. En el presente proyecto no existen espacios, objeto de diseño, que sean no habitables.

Los espacios habitables están clasificados según la cantidad de calor disipada en su interior como:

Espacios de carga interna baja: salas de espera, salas de descanso, etcétera.

Espacios de carga interna alta: Despachos, sala de reuniones, comedores, etcétera.

### 2.1.4.3 Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes

La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que limitan los espacios habitables con el ambiente exterior.

Cerramiento	Descripción
Cubierta	Lo compone la zona superior del edificio. Limita con el aire exterior a las condiciones exteriores de diseño.
Suelo	Lo compone la zona inferior del edificio. Limita con el parking subterráneo.
Fachadas	Lo compone cada una de las paredes verticales del edificio que limitan con el aire exterior a las condiciones exteriores de diseño. Su orientación es muy importante.
Ventanas	Lo compone cada uno de los vidrios que forman parte de las cristalerías montadas a lo largo y ancho de las fachadas. Limita con el aire exterior a las condiciones exteriores de diseño.

Tabla 2. Descripción y clasificación de los cerramientos del edificio



#### 2.1.4.4 Cálculo de los parámetros característicos de la demanda

Se calculan las transmitancias de los cerramientos a partir de la resistencia que oponen al paso del calor (resistencias térmicas), en función de la composición lineal que presentan. La transmitancia térmica, se define como la inversa de la resistencia térmica del componente constructivo.

Cerramiento	Resistencia térmica $R (m^2 \cdot K/W)$	Transmitancia térmica $U (W/m^2 \cdot K)$
Cubierta	2,104	0,347
Suelo	2,056	0,486
Fachadas	2,915	0,343
Ventanas	0,445	2,246

Tabla 3. Resumen de las resistencias térmicas y transmitancias de los cerramientos

#### 2.1.4.5 Limitación de la demanda energética

Según rige el CTE, los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica no deben superar unos valores máximos tabulados, en función de la zona climática en la que se encuentra el edificio.

Cada uno de los cerramientos que componen el edificio de oficinas del presente proyecto cumple con las exigencias de limitación de demanda energética establecidas en el CTE.

### 2.1.5 Cálculo de cargas térmicas

#### 2.1.5.1 Carga térmica de calefacción en invierno

El cálculo de la carga térmica de calefacción en invierno se realiza mediante la expresión

$$Q_{TCE} = Q_{Trans} + Q_{Ren} + Q_{Inf} - Q_{personas} - Q_{equipos}$$

(Ec. 1)



Carga	Valor (KW)
Transmisión	458,628
Renovación	554,831
Infiltración	138,708
Personas	336,000
Equipos	288,323
<b>TOTAL</b>	<b>527,844</b>

Tabla 4. Resumen de las cargas térmicas de calefacción en invierno

### 2.1.5.2 Carga térmica de refrigeración en verano

El cálculo de la carga térmica de refrigeración en invierno se realiza mediante la expresión

$$Q_{TRE} = Q_{Trans} + Q_{Ren} + Q_{Inf} + Q_{personas} + Q_{equipos}$$

(Ec. 2)

Carga	Valor (KW)
Transmisión	177,311
Renovación	237,476
Infiltración	59,369
Personas	336,000
Equipos	288,323
<b>TOTAL</b>	<b>1098,479</b>

Tabla 5. Resumen de las cargas térmicas de refrigeración en verano

### 2.1.6 Selección del sistema de climatización

Se climatizará el edificio por medio de una bomba de calor geotérmica. Tras su elección, de acuerdo con las necesidades térmicas del edificio, es necesario dimensionar el intercambiador de calor enterrado por medio de sondas.

#### 2.1.6.1 Elección de la bomba de calor

Se instalará una bomba de calor que cuenta con una potencia de refrigeración de 1167 KW con un EER de 4,69, y una potencia calorífica de 1253 KW, con un COP de 4'21. Suficiente para abastecer las necesidades del proyecto.

#### 2.1.6.2 Elección del fluido circulante

Se empleará agua al 70% mezclado con Etilenglicol al 30%.

#### 2.1.6.3 Elección de la configuración

La configuración de las sondas geotérmica será vertical, debido a la diferencia de rendimiento que existe con el resto de configuraciones. En dicha configuración las fluctuaciones en la temperatura que se producen en el subsuelo son despreciables una vez se descienden 10 metros, permaneciendo la temperatura aproximadamente constante durante todo el año.

#### 2.1.6.4 Elección de los tubos

Se emplearán tubos 32 milímetros de diámetros y 2,9 de espesor, fabricados en material Polietileno de alta calidad (PE-Xa), con disposición de doble U.

#### 2.1.6.5 Dimensionamiento del intercambiador de calor enterrado

La longitud de los tubos viene determinada, en función del modo de trabajo de la bomba de calor, por las siguientes expresiones

$$L_{calefacción} = \frac{Q_{calefacción} \cdot \frac{COP_{calefacción} - 1}{COP_{calefacción}} \cdot (R_p + R_s \cdot f_{calefacción})}{T_L - T_{MIN}}$$

(Ec. 3)

$$L_{refrigeración} = \frac{Q_{refrigeración} \cdot \frac{COP_{refrigeración} + 1}{COP_{refrigeración}} \cdot (R_P + R_S \cdot f_{refrigeración})}{T_{MAX} - T_H}$$

(Ec. 4)

La longitud necesaria para que la bomba de calor otorgue la potencia que figura en sus especificaciones es de 42798 metros en el modo calefacción y 23680 metros en el modo refrigeración.

Se emplearán tubos de 110 metros de longitud, de modo que se satisfagan las necesidades de intercambio de calor.

### 2.1.7 Instalación de climatización y configuración de equipos

El objeto principal del presente proyecto consiste en diseñar la captación de calor mediante geotermia para climatizar el edificio. Por ello se propone una instalación nueva de unidades terminales en el edificio, que conseguirían un mejor rendimiento, y un menor consumo. No se hace especial hincapié en este apartado y solo debe servir como estudio inicial en caso de que se quisiese instalar dicha configuración. Esta decisión la deberá tomar el cliente, en caso de que quiera asumir esa inversión, y es por eso que se incluye en este proyecto.

#### 2.1.7.1 Unidades terminales

Se podrán instalar fan coils de dos tipos. Uno de ellos otorga una potencia de 4,08 KW en el modo frío y 5,39 KW en el modo calor, mientras que el otro otorga una potencia de 5,49 KW en refrigeración y 7,36 KW en calefacción.

#### 2.1.7.2 Circuito hidráulico

Estría compuesto por tuberías de cobre de diferentes grosores, de modo que abastezcan a los fan coils en su caudal de agua necesario. Se compondrá de tubos de diámetros nominales 22x1 mm, 25x1'5mm y 28x1,5mm.

Todas ellas deben estar rigurosamente aisladas, según la instrucción técnica IT 1.2.4.2.1.2 del RITE, con un espesor de 25 mm.



Se contaría con dos bombas, una para cada edificio, que otorgan un caudal de  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  de agua necesario para satisfacer la demanda de caudal del circuito hidráulico y de los fan coils. Dichas bombas tendrán, cada una, un grupo de impulsión de apoyo de las mismas características de modo que, en caso de avería, no se corte la climatización del edificio.

## **2.2 Memoria de cálculo**

El procedimiento de cálculo de cargas para dimensionar un sistema de climatización debe seguir unos pasos que se esquematizan a continuación.

En primer lugar es necesario fijar las condiciones interiores y exteriores de diseño que marca el Reglamento de Instalaciones térmicas de los edificios (RITE).

Tras esto, es necesario clasificar los espacios en los que está dividido el edificio, atendiendo a los criterios de orientación, tipo de cerramiento, conductividad térmica, etcétera. Con estos datos se puede corroborar si el edificio cumple las exigencias del código técnico de la edificación (CTE) de limitación de demanda energética.

El cálculo de cargas térmicas se realizará mediante un balance energético entre las necesidades del edificio y las condiciones interiores y exteriores de diseño. Se diferenciará entre verano e invierno. Sólo es necesario realizar estos cálculos para los meses de enero y julio pues es cuando se dan las condiciones extremas.

Del cálculo de cargas térmicas se determina el calor que debe aportar el sistema de climatización para suplir la demanda de calor del edificio en invierno, además de la ganancia de calor del edificio en verano que deberá evacuarse mediante el sistema de refrigeración. Al calcularse las cargas térmicas y dimensionar el sistema solo para los meses críticos, el resto de meses, como las condiciones son menos desfavorables, el sistema será capaz de funcionar incluso con un mayor rendimiento.

### **2.2.1 Condiciones de diseño**

#### **2.2.1.1 Condiciones interiores de cálculo**

Se toma en cuenta lo recogido en el RITE, y en concreto en su instrucción técnica IT.1 que atiende al diseño y dimensionado de la instalación.

Para caracterizar y cuantificar la exigencia de bienestar e higiene se atiende a las condiciones interiores de diseño recogidas en la instrucción técnica (IT) 1.1.4.1.2., por la que se fijan la

temperatura operativa y humedad relativa en base a la actividad metabólica de las personas y grado de vestimenta.

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Tabla 6. Condiciones interiores de diseño según RITE [1]

Las condiciones climáticas interiores que la instalación debe cumplir son las siguientes:

Verano, 24°C, 50% de humedad relativa (HR).

Invierno, 22°C, 50% HR.

#### 2.2.1.2 Condiciones exteriores de cálculo

Las condiciones climáticas exteriores han sido obtenidos de la norma UNE 100001:2001, y del informe UNE 100014 IN, para la ciudad de Madrid.

Como condiciones extremas de proyecto para el invierno se utilizan aquellas basadas sobre el nivel percentil del 97,5% de temperatura seca en el total de las horas de los tres meses de diciembre, enero y febrero (90 días - 2160 horas).

Como condiciones extremas del proyecto para el verano se deben tomar aquellas que están basadas sobre los niveles percentiles del 2,5% de temperaturas seca y húmeda en el total de los cuatro meses de junio, julio, agosto y septiembre (122 días – 2928horas).

La norma UNE 100001 recoge que, para la ciudad de Madrid, se tienen los datos del observatorio situado en el aeropuerto de Barajas, muy cerca de donde se encuentra el edificio que se pretende climatizar. Estos son los siguientes:

Altitud sobre el nivel del mar: 595 metros

Viento dominante: 4,4 m/s orientación norte

En el invierno, para un nivel percentil estacional del 97,5%:

Temperatura seca:  $-3,7^{\circ}\text{C}$

En el verano, para un nivel percentil estacional del 2,5%:

Temperatura seca:  $35^{\circ}\text{C}$

## 2.2.2 Cálculo de la transmitancia térmica de los cerramientos

### 2.2.2.1 Datos previos

#### 2.2.2.1.1 Zonificación climática

Madrid pertenece a la zona climática D3, según el CTE.

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)
Albacete	D3	677	Lugo	D1	412
Alicante	B4	7	Madrid	D3	589
Almería	A4	0	Málaga	A3	0
Ávila	E1	1054	Melilla	A3	130
Badajoz	C4	168	Murcia	B3	25
Barcelona	C2	1	Ourense	C2	327
Bilbao	C1	214	Oviedo	C1	214
Burgos	E1	861	Palencia	D1	722
Cáceres	C4	385	Palma de Mallorca	B3	1
Cádiz	A3	0	Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114
Castellón de la Plana	B3	18	Pamplona	D1	456
Ceuta	B3	0	Pontevedra	C1	77
Ciudad real	D3	630	Salamanca	D2	770
Córdoba	B4	113	Santa Cruz de Tenerife	A3	0
Coruña (a)	C1	0	Santander	C1	1
Cuenca	D2	975	Segovia	D2	1013
Donostia-San Sebastián	C1	5	Sevilla	B4	9
Girona	C2	143	Soria	E1	984
Granada	C3	754	Tarragona	B3	1
Guadalajara	D3	708	Teruel	D2	995
Huelva	B4	50	Toledo	C4	445
Huesca	D2	432	Valencia	B3	8
Jaén	C4	436	Valladolid	D2	704
León	E1	346	Vitoria-Gasteiz	D1	512
Lleida	D3	131	Zamora	D2	617
Logroño	D2	379	Zaragoza	D3	207

Tabla 7. Zonificación climática del edificio a climatizar. RITE [1]

#### 2.2.2.1.2 Clasificación de los espacios

Todos los espacios son habitables, a excepción del parking subterráneo, que se trata de un espacio no habitable, pero su climatización no es objeto de diseño de este proyecto.

Espacios de carga interna baja: salas de espera, salas de descanso, etcétera.

Espacios de carga interna alta: Despachos, sala de reuniones, comedores, etcétera.

### **2.2.2.1.3 Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes**

Se definen los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior o con espacios no habitables.

Cubiertas: cerramiento superior del edificio en contacto con el aire. No contiene lucernarios.

Suelo: cerramiento inferior en contacto con el parking subterráneo (espacio no habitable)

Fachadas: cerramientos exteriores definidos en la tabla 16.

El edificio a climatizar no está compuesto por ninguna medianería, ni cerramiento en contacto con el terreno.

### **2.2.2.2 Cálculo de los parámetros característicos de la demanda**

#### **2.2.2.2.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior**

Según el apéndice E del Documento Básico HE1, del CTE, la transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2 \cdot K$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

(Ec. 5)

siendo

$R_T$  la resistencia térmica total del edificio ( $m^2 \cdot K/W$ ).

La resistencia térmica total constituida por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

(Ec. 6)



siendo

$R_1, R_2, R_n$  las resistencias térmicas de cada capa del cerramiento. Se calculan con la siguiente expresión:

$$R_i = \frac{e}{\lambda}$$

(Ec. 7)

donde

$e$  es el espesor de la capa (m)

$\lambda$  es la conductividad térmica del material que compone la capa ( $W/m \cdot K$ )

$R_{si}, R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla siguiente, de acuerdo con la posición del cerramiento, de la dirección del flujo de calor y su situación en el edificio.

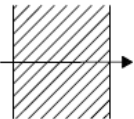
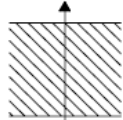
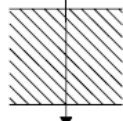
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

Tabla 8. Resistencias superficiales interiores y exteriores de los cerramientos exteriores. CTE [2]

#### 2.2.2.2 Cerramientos en contacto con el terreno

El edificio a climatizar no se encuentra en contacto con el terreno directamente. No se considera este apartado, puesto que los habitáculos a climatizar, tienen debajo el parking subterráneo, que no es objeto de cálculo.

### 2.2.2.2.3 Particiones interiores

Todas las particiones interiores verticales limitan entre sí con zonas habitables que están a la misma temperatura, por lo que su cálculo no influye en las cargas térmicas del edificio.

Sin embargo todo el suelo inferior del edificio limita con el parking subterráneo, que se encuentra a unos 12 °C de media en invierno y a unos 18 °C en verano. Como se encuentra a una temperatura diferente de la que se quiere climatizar el edificio, es necesario calcular su resistencia. Ocurre lo mismo con la cubierta superior de la sexta planta.

Según el apéndice E, del DB HE1, las resistencias térmicas superficiales de particiones interiores vienen dadas por la siguiente tabla:

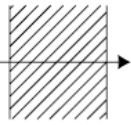
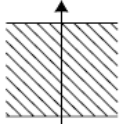
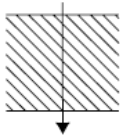
Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor		$R_{se}$	$R_{si}$
<b>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal <math>&gt;60^\circ</math> y flujo horizontal</b>		0,13	0,13
<b>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal <math>\leq 60^\circ</math> y flujo ascendente</b>		0,10	0,10
<b>Particiones interiores horizontales y flujo descendente</b>		0,17	0,17

Tabla 9. Resistencias superficiales interiores y exteriores de las particiones interiores. CTE [2]

Se procede al cálculo de las transmitancias térmicas de los cerramientos. Los datos de las conductividades térmicas han sido obtenidos de la tabla 2.8 de la norma NBE-CT-79.

#### 2.2.2.2.4 Muro exterior

Capa	Espesor e (m)	Conductividad $\lambda$ (W/m · K)	Resistencia térmica Ri (m <sup>2</sup> · K/W)
Resistencia superficial exterior			0,04
Bloque de hormigón armado	0,2	1,63	0,123
Cámara de aire sin ventilar	0,05	0,278	0,179
Poliuretano conformado, tipo I	0,05	0,023	2,174
Ladrillo perforado	0,12	0,76	0,158
Panel de cartón-yeso	0,02	0,18	0,111
Resistencia superficial interior			0,13
Resistencia Total			2,915
Transmitancia térmica Total (W/m <sup>2</sup> · K)			0,343

Tabla 10. Desglose de cálculo de la transmitancia del muro exterior

#### 2.2.2.2.5 Cubierta

Capa	Espesor e (m)	Conductividad $\lambda$ (W/m · K)	Resistencia térmica Ri (m <sup>2</sup> · K/W)
Resistencia superficial exterior			0,05
Grava rodada	0,1	0,81	0,123
Poliestireno extrusionado	0,05	0,033	1,515
Capa de impermeable	0,06	0,68	0,088
Hormigón con áridos ligeros	0,1	1,16	0,086
Forjado cerámico	0,12	0,85	0,141
Resistencia superficial interior			0,10
Resistencia Total			2,104
Transmitancia térmica Total (W/m <sup>2</sup> · K)			0,347

Tabla 11. Desglose de cálculo de la transmitancia de la cubierta

#### 2.2.2.2.6 Suelo sobre local no climatizado

Capa	Espesor e (m)	Conductividad $\lambda$ (W/m · K)	Resistencia térmica Ri (m <sup>2</sup> · K/W)
Resistencia superficial exterior			0,04
Forjado hormigón	0,30	0,91	0,330
Poliestireno expandido, tipo IV	0,03	0,034	0,882
Mortero de cemento	0,25	1,4	0,179
Revestimiento de linóleo	0,022	0,19	0,116
Moqueta	0,017	0,05	0,340
Resistencia superficial interior			0,17
<b>Resistencia Total</b>			<b>2,056</b>
<b>Transmitancia térmica Total (W/m<sup>2</sup> · K)</b>			<b>0,486</b>

Tabla 12. Desglose de cálculo de la transmitancia de la cubierta

#### 2.2.2.2.7 Ventanas

Tipo de acristalamiento	Espesor e (m)	Conductividad $\lambda$ (W/m · K)	Resistencia térmica Ri (m <sup>2</sup> · K/W)
Resistencia superficial exterior			0,04
Vidrio plano para acristalar	0,05	0,95	0,053
Cámara de aire sin ventilar	0,12		0,17
Vidrio plano para acristalar	0,05	0,95	0,053
Resistencia superficial interior			0,13
<b>Resistencia Total</b>			<b>0,445</b>
<b>Transmitancia térmica Total (W/m<sup>2</sup> · K)</b>			<b>2,246</b>

Tabla 13. Desglose de cálculo de la transmitancia de las ventanas

### 2.2.2.3 Limitación de la demanda energética

La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican. Según lo establecido en el apéndice D del DB HE1, Madrid se encuentra en la zona climática D3.

En el CTE existe una tabla por la que se establecen unos valores máximos en las transmitancias térmicas de los cerramientos. Se muestra a continuación

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos <sup>(2)</sup>	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

<sup>(2)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

<sup>(3)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Tabla 14. Limitación de transmitancias para los cerramientos. CTE [2]

Se resume en esta tabla la justificación de cumplimiento con lo descrito en el CTE

Tipo de cerramiento	Valor de la transmitancia ( $W/m^2 \cdot K$ )	Valor límite de la transmitancia ( $W/m^2 \cdot K$ )	Cumple CTE
Muro exterior	0,343	0,86	<input checked="" type="checkbox"/>
Cubierta	0,347	0,49	<input checked="" type="checkbox"/>
Suelo sobre local no climatizado	0,486	0,64	<input checked="" type="checkbox"/>
Vidrios y marcos	2,246	3,5	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabla 15. Justificación del cumplimiento de las exigencias del CTE para los cerramientos

### 2.2.2.3.1 Parámetros característicos medios

Para continuar, es necesario conocer la zona climática en la que se encuentra el edificio y el % de superficie de huecos en la fachada. En la siguiente tabla se muestran dichos datos desglosados por fachadas, y le acompaña una figura en la que se pueden ver las fachadas a las que hace referencia.

Fachada	Orientación	Superficie fachada (m <sup>2</sup> )	Superficie huecos (m <sup>2</sup> )	% Huecos
A1	SE	1707,976	824,85	48,29
A2	E	1571,088	824,85	52,50
A3	O	1014,164	549,90	54,22
A4	N	1045,404	549,90	52,60
B1	SE	1707,976	824,85	48,29
B2	O	1571,088	824,85	52,50
B3	E	1014,164	549,90	54,22
B4	N	1045,404	549,90	52,60
RESTO	varios	4900,704	0	0
<b>Total</b>		<b>15577,964 m<sup>2</sup></b>	<b>5499 m<sup>2</sup></b>	<b>35,29 %</b>

Tabla 16. Huecos existentes en las fachadas del edificio

Cuando se hace referencia al resto de fachadas, se refiere a todas aquellas que no tienen cristalerías.

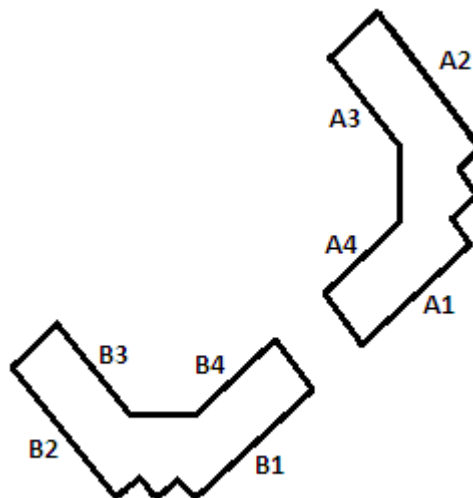


Figura 7. Detalle de las fachadas que contienen huecos

Sabiendo que el edificio a climatizar se encuentra en la zona D3, y conociendo el % de huecos en el total de las fachadas, es necesario atender a lo que establece el CTE en cuanto a valores límites de los parámetros característicos medios.

#### ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  $U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
Transmitancia límite de suelos  $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
Transmitancia límite de cubiertas  $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
Factor solar modificado límite de lucernarios  $F_{Lim}: 0,28$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (2,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,47  $\text{W/m}^2 \text{ K}$  se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

Tabla 17. Valores límite de los parámetros característicos medios. CTE [2]

En el caso del edificio que se está estudiando, los valores medios de los parámetros característicos son los mismos que los valores de las transmitancias térmicas de los cerramientos. Se resume en la siguiente tabla la justificación de cumplimiento con lo exigible por el CTE.

Tipo de cerramiento	Valor de la transmitancia ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ )	Valor límite de la transmitancia ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ )	Cumple CTE
Muro exterior	0,343	0,66	<input checked="" type="checkbox"/>
Cubierta	0,347	0,38	<input checked="" type="checkbox"/>
Suelo sobre local no climatizado	0,486	0,49	<input checked="" type="checkbox"/>
Huecos - ventanas orientación N	2,246	2,5	<input checked="" type="checkbox"/>
Huecos - ventanas orientación E/O	2,246	2,9	<input checked="" type="checkbox"/>
Huecos - ventanas orientación S/SE/SO	2,246	3,5	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabla 18. Justificación del cumplimiento de las exigencias del CTE para los valores medios de los cerramientos

Para completar el cálculo y dimensionado es necesario escoger una de las dos opciones que propone el CTE. Se ha elegido la opción simplificada debido a que se cumple que la superficie de huecos en cada fachada es inferior al 60 % de su superficie (ver tabla 16 ) y la superficie de lucernarios es inferior al 5% de la superficie de la cubierta, puesto que el edificio a estudiar no tiene este último tipo de huecos.

Queda justificada la opción elegida con los pasos seguidos y con el cumplimiento de los valores límites de cada uno de los parámetros calculados.

En el apartado de anexos se puede observar las fichas justificativas de la opción simplificada, que resume lo aquí descrito.

## **2.2.3 Cálculo de la demanda energética del edificio**

### **2.2.3.1 Introducción**

Para llevar a cabo el cálculo de cargas térmicas, se debe diferenciar entre el periodo que comprende el verano (refrigeración) y el que comprende el invierno (calefacción). Es necesario realizar esta separación debido a que en invierno unas cargas son favorables, mientras que en verano son desfavorables. Una carga desfavorable implica que hay que suplirla con potencia calorífica en invierno y potencia frigorífica en verano. Sin embargo, una carga favorable hará que el aporte de energía para climatizar el edificio sea menor.

Se han tomado en cuenta dos tipos de cargas térmicas, las exteriores (transmisión, renovación e infiltración) y las interiores (calor de las personas y equipos).

Transmisión: es la debida a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior. La conductividad de los muros, suelos cubiertas y demás cerramientos hace que pase calor de un lado al otro. En verano, la carga de transmisión es desfavorable, porque en el exterior existe una temperatura mayor de la que se quiere tener en el interior del local, que hace que entre calor a través de los cerramientos. Ocurre lo mismo en invierno, también se trata de una carga desfavorable porque en el exterior existe una temperatura menor de la que se quiere tener en el interior, y por ello el calor se escapa del interior a través de los cerramientos.



Renovación: es la debida al cambio del volumen de aire interior con el exterior a través de los conductos de ventilación del edificio. El nuevo volumen de aire entra en las condiciones del ambiente exterior, lo que supone un estado desfavorable tanto en verano, como en invierno.

Infiltración: es la debida a la entrada o escape de una porción del aire a través de los pequeños huecos que puedan existir entre las ventanas y puertas de los cerramientos. De nuevo es una carga desfavorable en verano e invierno.

Calor de las personas: es el debido al que desprende un ser humano en su actividad diaria. Según el tipo de ropa que vista o la cantidad de ella, y del tipo de actividad que se desarrolle en el local a climatizar, una persona desprenderá más o menos calor. Se trata de una carga desfavorable en verano y favorable en invierno.

Equipos: es la debida al calor que desprenden los equipos eléctricos en su funcionamiento, así como la iluminación artificial de cada uno de los espacios del edificio a climatizar. Como en el caso anterior es desfavorable en verano y favorable en invierno.

### 2.2.3.2 Procedimiento de cálculo

Para calcular las cargas térmicas se ha utilizado un método basado en balances energéticos, por el que unas cargas térmicas son ganancias o pérdidas en función del periodo estacional en el que se encuentre, debido a la dirección que toma el flujo de calor.

### 2.2.3.3 Carga térmica de calefacción en invierno

Se define carga térmica de calefacción de edificios como

$$Q_{TCE} = Q_{Trans} + Q_{Ren} + Q_{Inf} - Q_{personas} - Q_{equipos}$$

(Ec. 8)

siendo

- $Q_{Trans}$  la carga térmica de transmisión:

$$Q_{Trans} = \sum_i U_i \cdot A_i \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

(Ec. 9)

donde

$U_i$  es la transmitancia térmica del cerramiento  $i$  ( $W/m^2 \cdot K$ )

$A_i$  es la superficie del cerramiento  $i$  en contacto con el exterior ( $m^2$ )

$T_{int}$  es la temperatura interior del edificio en invierno ( $22^\circ C$ )

$T_{ext}$  es la temperatura del ambiente exterior en invierno ( $-3,7^\circ C$  del aire exterior y  $12^\circ C$  del garaje subterráneo)

Para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{Trans} = 458,628 \text{ KW}$$

- $Q_{Ren}$  la carga térmica de renovación:

$$Q_{ren} = \dot{m} \cdot C_{p_{aire}} \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

(Ec. 10)

donde

$\dot{m}$  es el caudal volumétrico del aire de renovación ( $kg/s$ ), y se calcula como el volumen de aire del edificio ( $65.864,008 m^3$ ) renovado cada hora (RITE), siendo la densidad del aire de  $1,18 \text{ kg}/m^3$ .

$$(\dot{m} = Sup \cdot alt \cdot dens / 3600 \text{ s})$$

$C_{p_{aire}}$  es el calor específico del aire ( $C_{p_{aire}} = 1000 \text{ J}/kg \cdot K$ )

$T_{int}$  es la temperatura interior del edificio en invierno ( $22^\circ C$ )

$T_{ext}$  es la temperatura del ambiente exterior en invierno ( $-3,7^\circ C$ )

Para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{Ren} = 554,831 \text{ KW}$$

- $Q_{Inf}$  la carga térmica de infiltración:

$$Q_{Inf} = \dot{m} \cdot C_{p_{aire}} \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

(Ec. 11)

donde

$\dot{m}$  es el caudal volumétrico del aire de infiltración ( $kg/s$ ), que se estima en un 25% del caudal volumétrico del aire de renovación.

$Cp_{aire}$  es el calor específico del aire ( $Cp_{aire} = 1000 J/kg \cdot K$ )

$T_{int}$  es la temperatura interior del edificio en invierno ( $22^{\circ}C$ )

$T_{ext}$  es la temperatura del ambiente exterior en invierno ( $-3,7^{\circ}C$ )

Para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{Inf} = 138,708 KW$$

- $Q_{personas}$  la carga térmica del calor de las personas:

$$Q_{personas} = \frac{n^{\circ}personas}{m^2} \cdot A \cdot q_{1persona}$$

(Ec. 12)

donde

$\frac{n^{\circ}personas}{m^2}$  es la estimación de las personas por metro cuadrado en el edificio.

$A_i$  es la superficie total útil del edificio ( $m^2$ )

$q_{1persona}$  es el calor que desprende una persona (W)

Para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{personas} = 336 KW$$

- $Q_{equipos}$  la carga térmica de los equipos del edificio:

$$Q_{equipos} = \sum_i n^{\circ}equipos_i \cdot Pot_i + \sum_i Pot_{ilum} \cdot S_{ilum}$$

(Ec. 13)

donde

$n^{\circ}equipos_i$  es el número de equipos iguales.

$Pot_i$  es la potencia del equipo i (W)

$Pot_{ilum}$  es la potencia de iluminación de un espacio (W/m<sup>2</sup>)

$S_{ilum}$  es la superficie iluminada (m<sup>2</sup>)

Es necesario aplicar un coeficiente de simultaneidad del 70%, puesto que no todas las luces están encendidas a la vez y todos los aparatos funcionando a la vez, por lo que para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{equipos} = 288,323 \text{ KW}$$

Agrupando todos los términos del balance energético, se obtiene una carga térmica de calefacción del edificio de

$$Q_{TCE} = 527,844 \text{ KW}$$

En la siguiente tabla se puede ver un resumen del cálculo de cargas térmicas para calefacción, desglosando cada uno de los términos temperaturas y superficies que influyen en su cálculo

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A Y EDIFICIO B		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m2)	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	23.522,86	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m2)	Coeficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	10.078,964	0,343	25,7	88.847,076	88,847
Cubierta	3.800,774	0,347	25,7	33.894,922	33,895
Suelo	3.800,774	0,486	10	18.471,762	18,472
Ventanas	5.499,000	2,246	25,7	317.414,378	317,414
Total Transmisión con el ambiente exterior					458,628

A

Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	21,589	1000	25,7	554.831,085	554,831
Total Renovación del aire					<b>554,831</b>

B

Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	5,397	1000	25,7	138.707,771	138,708
Total Infiltraciones					<b>138,708</b>

C

Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	3.360	100		336.000,000	336,000
Total Calor sensible interno					<b>336,000</b>

D

Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	165	250	-	41.250,000	41,250
Fotocopiadora	1	300	-	300,000	0,300
Comedor-cocina	1	5.000	-	5.000,000	5,000
Ascensores	4	6.800	-	27.200,000	27,200
Iluminación baja	-	10	2.940,50	29.405,000	29,405
Iluminación media	-	15	20.582,36	308.735,400	308,735
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					<b>288,323</b>

E

<b>CARGA TÉRMICA TOTAL CALEFACCIÓN EN INVIERNO (KW)</b> (A + B + C - D - E)					<b>527,844</b>
--	--	--	--	--	----------------

Tabla 19. Desglose de cálculo de la carga térmica total de calefacción en invierno

### 2.2.3.4 Carga térmica de refrigeración en verano

Se define carga térmica de refrigeración de edificios como

$$Q_{TRE} = Q_{Trans} + Q_{Ren} + Q_{Inf} + Q_{personas} + Q_{equipos}$$

(Ec. 14)

siendo

- $Q_{Trans}$  la carga térmica de transmisión:

$$Q_{Trans} = \sum_i U_i \cdot A_i \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

(Ec. 15)

donde

$U_i$  es la transmitancia térmica del cerramiento  $i$  ( $W/m^2 \cdot K$ )

$A_i$  es la superficie del cerramiento  $i$  en contacto con el exterior ( $m^2$ )

$T_{ext}$  es la temperatura del ambiente exterior en verano (35°C del aire exterior y 18°C del garaje subterráneo)

$T_{int}$  es la temperatura interior del edificio en verano (24°C)

Para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{Trans} = 177,311 \text{ KW}$$

- $Q_{Ren}$  la carga térmica de renovación:

$$Q_{ren} = \dot{m} \cdot C_{p_{aire}} \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

(Ec. 16)

donde

$\dot{m}$  es el caudal volumétrico del aire de renovación ( $kg/s$ ), y se calcula como el volumen de aire del edificio renovado cada hora (RITE), siendo la densidad del aire de 1,18  $kg/m^3$ . ( $\dot{m} = Sup \cdot alt \cdot dens/3600 \text{ s}$ )

$Cp_{aire}$  es el calor específico del aire ( $Cp_{aire} = 1000 \text{ J/kg} \cdot K$ )

$T_{ext}$  es la temperatura del ambiente exterior en verano ( $35^{\circ}\text{C}$ )

$T_{int}$  es la temperatura interior del edificio en verano ( $24^{\circ}\text{C}$ )

Para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{Ren} = 237,476 \text{ KW}$$

- $Q_{Inf}$  la carga térmica de infiltración:

$$Q_{Inf} = \dot{m} \cdot Cp_{aire} \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

(Ec. 17)

donde

$\dot{m}$  es el caudal volumétrico del aire de infiltración ( $\text{kg/s}$ ), que se estima en un 25% del caudal volumétrico del aire de renovación.

$Cp_{aire}$  es el calor específico del aire ( $Cp_{aire} = 1000 \text{ J/kg} \cdot K$ )

$T_{ext}$  es la temperatura del ambiente exterior en verano ( $35^{\circ}\text{C}$ )

$T_{int}$  es la temperatura interior del edificio en verano ( $24^{\circ}\text{C}$ )

Para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{Inf} = 59,369 \text{ KW}$$

- $Q_{personas}$  la carga térmica del calor de las personas:

$$Q_{personas} = \frac{n^{\circ}personas}{m^2} \cdot A \cdot q_{1persona}$$

(Ec. 18)

donde

$\frac{n^{\circ}personas}{m^2}$  es la estimación de las personas por metro cuadrado en el edificio.

$A_i$  es la superficie total útil del edificio ( $m^2$ )

$q_{1persona}$  es el calor que desprende una persona (W)

Para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{personas} = 336 \text{ KW}$$

- $Q_{equipos}$  la carga térmica de los equipos del edificio:

$$Q_{equipos} = \sum_i n^{\circ}equipos_i \cdot Pot_i + \sum_i Pot_{ilum} \cdot S_{ilum}$$

(Ec. 19)

donde

$n^{\circ}equipos_i$  es el número de equipos iguales.

$Pot_i$  es la potencia del equipo  $i$  (W)

$Pot_{ilum}$  es la potencia de iluminación de un espacio ( $W/m^2$ )

$S_{ilum}$  es la superficie iluminada ( $m^2$ )

Es necesario aplicar un coeficiente de simultaneidad del 70%, puesto que no todas las luces están encendidas a la vez y todos los aparatos funcionando a la vez, por lo que para el edificio objeto de estudio resulta

$$Q_{equipos} = 288,323 \text{ KW}$$

Agrupando todos los términos del balance energético, se obtiene una carga térmica de refrigeración del edificio de

$$Q_{TRE} = 1098,479 \text{ KW}$$

En la siguiente tabla se puede ver un resumen del cálculo de cargas térmicas para refrigeración, desglosando cada uno de los términos temperaturas y superficies que influyen en su cálculo



## CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO

Condiciones de cálculo			EDIFICIO A Y EDIFICIO B	
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)
24	35	11	23.522,86	2,8

Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	10.078,964	0,343	11	38.027,931	38,028
Cubierta	3.800,774	0,347	11	14.507,554	14,508
Suelo	3.800,774	0,486	-6	-11.083,057	-11,083
Ventanas	5.499,000	2,246	11	135.858,294	135,858
Total Transmisión con el ambiente exterior					177,311

A

Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	21,589	1000	11	237.476,340	237,476
Total Renovación del aire					237,476

B

Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	5,397	1000	11	59.369,085	59,369
Total Infiltraciones					59,369

C

Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	3.360	100		336.000,000	336,000
Total Calor sensible interno					336,000

D

Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	165	250	-	41.250,000	41,250
Fotocopiadora	1	300	-	300,000	0,300

Comedor-cocina	1	5.000	-	5.000,000	5,000
Ascensores	4	6.800	-	27.200,000	27,200
Iluminación baja	-	10	2.940,50	29.405,000	29,405
Iluminación media	-	15	20.582,36	308.735,400	308,735
Coeficiente de simultaneidad					0,700
<b>Total Calor Interno</b>					<b>288,323</b>
					E
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL REFRIGERACIÓN EN VERANO (KW)</b> (A + B + C + D + E)					<b>1.098,479</b>

Tabla 20. Desglose de cálculo de la carga térmica total de refrigeración en verano

En el apartado de anexos se pueden ver las hojas de cálculo de cargas térmicas de cada una de las plantas de los dos edificios. Los resultados están separados en verano e invierno, y en el edificio A y B, por lo que de cada planta se tienen 4 hojas de cálculo de cargas térmicas. Los resultados que recogen son más detallados que los que las tablas 19 y 20 resumen.

### 2.2.3.5 Comentarios sobre las cargas térmicas

Existe una gran diferencia entre la carga térmica de calefacción (527,844 KW) y la de refrigeración (1098,479 KW). Esto es debido a que el edificio de oficinas cuenta con numerosos equipos eléctricos, que en invierno contribuyen a calefactar el edificio (es una ganancia de calor), mientras que en verano suponen una carga calorífica que hay que sufragar mediante el sistema de refrigeración. Es el mismo caso que el calor que desprenden las personas, en invierno contribuyen a la calefacción, y en verano suponen pérdidas para el sistema de climatización.

## 2.2.4 Selección del sistema de climatización

El sistema de climatización seleccionado debe ser capaz de abastecer la demanda de energía que se produce en el edificio tanto en verano como en invierno. Las alternativas son muchas, desde un sistema combinado de enfriadora y caldera para refrigeración y calefacción respectivamente, hasta refrigeración eléctrica con fan coils y calefacción eléctrica con radiadores o convectores.

La apuesta del proyecto de climatización del edificio en curso consiste en diseñar un sistema de climatización, tanto de calefacción como de refrigeración, mediante el uso de energías renovables. En este campo, se encuentra la energía solar térmica y la geotérmica. Ambas soluciones pueden implantarse de forma conjunta para el abastecimiento de agua caliente sanitaria y climatización, o bien de forma separada.

Si bien la superficie de la cubierta es muy amplia, y tendrían cabida los captadores solares sin ningún problema, se ha optado por la opción de la energía geotérmica, debido a que se cuenta con una amplia superficie libre de edificación, en la que situar los captadores geotérmicos.

### 2.2.4.1 Diseño del intercambiador geotérmico

En el diseño del intercambiador enterrado intervienen múltiples factores que hacen factibles distintas variantes de diseño para un mismo sistema. En este proyecto se desarrolla la metodología de diseño de la International Ground Surface Heat Pump Association (IGSHPA).

La metodología aplicada está basada en la teoría de la fuente de calor de línea infinita (Kelvin Line Source Theory) desarrollada por Ingersoll y Plass. Establece que un intercambiador de calor que cede calor al suelo se comporta como una fuente de calor con un espesor pequeño y longitud infinita, y por tanto solo cede calor en sentido radial.

Se trata de un método de cálculo que asume que el sistema funciona durante un tiempo determinado a una carga constante y con el suelo a la temperatura más desfavorable. Esto es, que se diseñará para la temperatura más desfavorable en el mes de enero para calefacción y en el mes de julio para refrigeración. Durante el resto del año, la temperatura es más moderada y por tanto la carga calorífica o frigorífica es menor, haciendo que el sistema funcione con un rendimiento mayor.

#### **2.2.4.1.1 Procedimiento de diseño**

El procedimiento de diseño a seguir es el que se desarrolla en la Guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica (Instituto para la diversificación y el Ahorro de la Energía, IDAE [4]).

En primer lugar, se debe seleccionar la bomba de calor que satisfaga las especificaciones térmicas del edificio a acondicionar, en función de las cargas térmicas calculadas de acuerdo con las exigencias de diseño y dimensionado especificadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE [1]).

En segundo lugar, es importante decidir el fluido circulante por el intercambiador de calor enterrado. Normalmente se trata de agua o agua con anticongelante, en el caso de previsión de riesgo de congelación.

Tras esto, es necesario escoger la configuración a emplear. Las más comunes son horizontal, vertical o Slinky, y dentro de ellas son tubos simples dobles, coaxiales, etcétera.

Una vez conocida la disposición a implantar es necesario realizar la elección de los tubos. Para ello se determinará el material del que están contruidos, su diámetro, y las temperaturas entre las que tiene que trabajar.

Por último, se dimensionará el intercambiador de calor enterrado en forma de sondas atendiendo a todos los criterios anteriormente determinados, finalizando con la elección del sistema, entre los fabricantes disponibles, que más se ajuste a las necesidades del proyecto.

#### **2.2.4.1.2 Elección de la bomba de calor**

Se debe seleccionar una bomba de calor entre los fabricantes disponibles. Para ello, se debe prestar especial atención al parámetro más importante de una bomba de calor, que es el parámetro que fija el rendimiento del sistema, el COP (Coefficient of Performance) en el modo calor, o EER (Efficiency Energy Rate) en el modo frío. A partir de ahora se denominará al COP en modo calefacción  $COP_{\text{calefacción}}$  y al EER en modo refrigeración  $COP_{\text{refrigeración}}$ .

Existen numerosas empresas que se dedican a fabricar bombas de calor, pero entre las más importantes se puede encontrar IDM-ENERTRES, CIATESA, THERMIA, DANFOSS, SEDICAL, AVENIR ENERGIE, FERROLI, etcétera. Cabe destacar, que la mayoría de fabricantes trabajan

modelos en los que la potencia de la bomba se encuentra en un rango mucho menor del que se precisa en el caso del edificio del proyecto.

Se desea encontrar una bomba de calor agua-agua que pueda trabajar tanto en modo calefacción como en modo refrigeración. En la siguiente tabla se muestran algunos de los modelos de estos fabricantes que se ajustan a las necesidades térmicas del edificio del proyecto, y de entre los cuales se ha escogido el modelo final de bomba de calor. Los modelos que no se muestran en la tabla no son óptimos para la aplicación requerida, debido a su potencia insuficiente.

Fabricante	Modelo	Potencia refrigeración (KW)	EER	Potencia calefacción (KW)	COP	Notas
Ciasesa	Dyacinat Power LG-LGP – 1800 V	584	4,86	650	4,48	Harían falta dos equipos
Sedical	TXHVBZ - TXHVIZ - 2740	738	4,89	878	4,76	Harían falta dos equipos
Ferrol	RVW – 1200.2	1167	4,69	1253	4,21	Un solo equipo

Tabla 21. Opciones disponibles para la selección de la bomba de calor

Se decide escoger el último de los modelos expuestos en la tabla anterior, debido a que sólo se requerirá un equipo para satisfacer las necesidades térmicas, siendo su instalación más sencilla y menos costosa.

Para el modelo elegido existe una adaptación de las capacidades caloríficas y refrigerantes en función de las temperaturas de salida del evaporador y condensador respectivamente, lo que permite una gran amplitud de posibilidades. En el apartado de anexos se puede ver la ficha técnica del modelo de bomba escogido, aquí se resumen los datos más relevantes.

El factor limitante de la bomba de calor es la potencia necesaria para la refrigeración del edificio, pues es el valor más alto. De esta manera se tienen las siguientes especificaciones para la bomba de calor escogida.

Para refrigeración se tiene que

$$Q_{refrigeración} = 1167 \text{ KW}$$

$$W_{refrigeración} = 249 \text{ KW}$$

$$COP_{refrigeración} = \frac{Q_{refrigeración}}{W_{refrigeración}} = 4,69$$

$$Q_{inyectado} = Q_{refrigeración} + W_{refrigeración} = 1416 \text{ KW}$$

$$T_{evap} = 12^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{s evap} = 7^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{cond} = 30^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{s cond} = 35^{\circ} \text{ C}$$

Para calefacción se tiene que

$$Q_{calefacción} = 1253 \text{ KW}$$

$$W_{calefacción} = 298 \text{ KW}$$

$$COP_{calefacción} = \frac{Q_{calefacción}}{W_{calefacción}} = 4,21$$

$$Q_{absorbido} = Q_{calefacción} - W_{calefacción} = 955 \text{ KW}$$

$$T_{evap} = 10^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{s evap} = 5^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{cond} = 40^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{s cond} = 45^{\circ} \text{ C}$$

#### 2.2.4.1.3 Elección del fluido circulante

Se ha decidido escoger como fluido portador agua con anticongelante Propilenglicol al 30% de volumen consiguiendo así las propiedades que se muestran en la tabla extraída de la guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica del IDAE [4].

Fabricante	Agua + Propilenglicol al 30%
Densidad a 20°C (kg/m <sup>3</sup> )	863
Punto de congelación (30% volumen)	-12
Punto de ebullición, °C	187
Calor específico a 15°C (J/Kg·K)	2503,71
Viscosidad a 0°C (Pa·s)	0,243
Viscosidad a 20°C (Pa·s)	0,0605
Viscosidad a 40°C (Pa·s)	0,0180
Conductividad a 20°C (W/m·K)	0,2

**Tabla 22. Especificaciones del fluido circulante**

#### **2.2.4.1.4 Elección de la configuración**

Se ha decidido intercambiar calor con el suelo mediante una configuración de tubos en vertical. Aunque se tiene espacio para poder poner una instalación horizontal, no se ha optado por esta opción debido a que la superficie a perforar sería muy extensa, y con ello muy costosa. Generalmente los sistemas horizontales se emplean para instalaciones de baja potencia como viviendas. Además, las fluctuaciones debidas a la radiación solar se notarían de forma más notable en las sondas geotérmicas, debido a la menor profundidad en la que se encuentran y eso no es bueno para un diseño tan amplio como el que se está desarrollando en este proyecto.

Los sistemas verticales permiten la ejecución de grandes instalaciones, como la que se trata aquí, por lo que se ha escogido este tipo de configuración, debido a la menor superficie a perforar, y al mayor rendimiento que otorga.

Por otro lado, en Europa es muy usual escoger sondas geotérmicas de doble U para intercambiar calor con el suelo, y es por ello que se decide seguir con los estándares europeos.

Para configuraciones de tipo vertical es necesario determinar la profundidad de cada perforación, el número de perforaciones, así como la distancia entre ellas.

La distancia de separación entre perforaciones se recomienda que sea superior a 6 metros y aumente conforme lo hace la conductividad del suelo. Se ha decidido escoger una separación de 8 metros. Con esta separación, y contando con una superficie de terreno libre donde poder hacer las perforaciones de unos 6325 metros cuadrados (115 metros de ancho por 55 de largo), se ha decidido realizar 98 perforaciones en una matriz de 14 por 7.

Respecto a la profundidad de las perforaciones es necesario realizar un análisis más detallado en función de los materiales de los tubos y otras características relevantes, por lo que se estudiará más adelante.

Es necesario escoger, de entre los diferentes fabricantes de sondas geotérmicas aquel que cumpla mejor las expectativas de diseño del proyecto.

#### **2.2.4.1.5 Elección de los tubos**

El material del que se suelen fabricar este tipo de tubos es el polietileno (PE) o polibutileno (PB), porque son flexibles, resistentes y permiten la unión de varios tramos mediante fusión por calor para formar empalmes fuertes y duraderos. Se emplearán tubos hechos de polietileno reticulado de altas prestaciones, óptimos para perforaciones de hasta 150 metros de profundidad.

Se debe seleccionar un diámetro de los tubos que, por un lado, sea lo suficientemente grande para producir una pérdida de carga pequeña y así necesitar menor potencia de bombeo, y por otro, debe ser lo suficientemente pequeño para asegurar altas velocidades de circulación en el interior de los tubos. Esto debe ser así porque, para que el intercambio de calor se produzca de forma óptima, el flujo debe encontrarse en fase turbulenta y no en fase laminar, y eso solo se consigue con altas velocidades de circulación del fluido. La condición que asegura la turbulencia es que el número de Reynolds sea superior a 2300.

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \vartheta \cdot D} > 2300$$

(Ec. 20)

donde

$Q$  es el caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$  que circula por los tubos



$\vartheta$  es la viscosidad cinemática en  $\text{m}^2/\text{s}$ , es el resultado de dividir la viscosidad dinámica en  $\text{Pa}\cdot\text{s}$  entre la densidad en  $\text{kg}/\text{s}$ . Su valor, calculado a partir de la tabla 22 es de  $7,01\cdot 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ .

$D$  es el diámetro de los tubos a determinar

Para conocer el caudal que circula por los tubos basta con establecer el balance de energía siguiente:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

(Ec. 21)

donde

$\dot{Q}$  es el calor de las necesidades térmicas del edificio, en  $\text{W}$

$C_p$  es el calor específico del fluido caloportante en  $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$  (ver tabla 22)

$\Delta T$  es el salto de temperaturas que sufre el fluido en el evaporador en invierno, y en el condensador en verano para ser capaz de disipar dicha energía, en  $\text{K}$ . En ambos casos se tiene que son  $5 \text{ K}$  (ver especificaciones de la bomba de calor)

$\dot{m}$  es el gasto másico del fluido, en  $\text{kg}/\text{s}$ , que dividido entre la densidad, resulta el caudal circulante por los tubos.

En verano las cargas térmicas ascienden a  $1098,479 \text{ KW}$ , lo que hacen que el gasto másico sea de  $87,748 \text{ kg}/\text{s}$ . Al dividir por la densidad del agua más propengligol al 30% se tiene que el caudal necesario para verano es de  $0,1017 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En invierno las cargas térmicas ascienden a  $527,849 \text{ KW}$ , lo que hacen que el gasto másico sea de  $42,165 \text{ kg}/\text{s}$ . Al dividir por la densidad del fluido se tiene que el caudal para invierno es de  $0,0489 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Con estos datos se puede calcular el diámetro máximo necesario para que el flujo sea turbulento en los tubos.

$$D < \frac{4 \cdot Q}{2300 \cdot \pi \cdot \vartheta}$$

(Ec. 22)

Para verano, se tiene que

$$D < \frac{4 \cdot 0,1017 \text{ m}^3/\text{s}}{2300 \cdot \pi \cdot 7,01 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 0,8029 \text{ m}$$

(Ec. 23)

Para invierno, se tiene que

$$D < \frac{4 \cdot 0,0489 \text{ m}^3/\text{s}}{2300 \cdot \pi \cdot 7,01 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 0,3858 \text{ m}$$

(Ec. 24)

El resultado más restrictivo es el obtenido para el invierno, con un diámetro máximo de 0,39 metros. Se ha de buscar entre los fabricantes unos tubos que cumplan con las especificaciones. De entre todos ellos se ha decidido escoger el fabricante REHAU, por tener una amplia gama en sus productos, y gran variedad de soluciones.

Entre los productos que ofrece se encuentran unas sondas geotérmicas para disposiciones verticales, en doble U con la siguiente geometría.

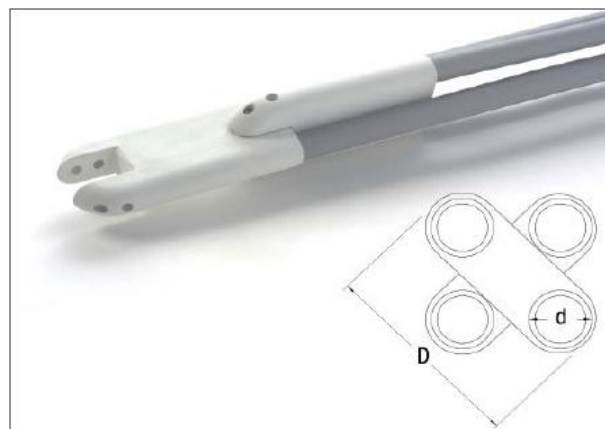


Figura 8. Detalle del final de la sonda geotérmica escogida

El rango de longitudes de las sondas es amplio, pero se decidirá más adelante cuál es el escogido.

En cuanto al diámetro, se decide escoger tubos de 32 milímetros y 2,9 de espesor. El diámetro interno por el que circula el fluido es de 26,2 milímetros, que cumplen con el límite superior impuesto por el flujo turbulento en el interior. Con este diámetro se recalculan y se obtienen los siguientes números de Reynolds.

Para verano (refrigeración):

$$Re = \frac{4 \cdot 0,1017 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 7,01 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 0,0262 \text{ m}} = 70488,41 > 2300$$

(Ec. 25)

Para invierno (calefacción):

$$Re = \frac{4 \cdot 0,0489 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 7,01 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 0,0262 \text{ m}} = 33871,59 > 2300$$

(Ec. 26)

#### 2.2.4.1.6 Dimensionamiento del intercambiador de calor enterrado

La guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica [4], propone un método de cálculo de la longitud de las sondas geotérmicas basado en el análisis de temperaturas del fluido caloportador y del suelo, pues es debido a su diferencia que se produce transferencia de calor.

La longitud del intercambiador de calor enterrado se pueden determinar para calefacción y refrigeración mediante las siguientes expresiones

$$L_{calefacción} = \frac{Q_{calefacción} \cdot \frac{COP_{calefacción} - 1}{COP_{calefacción}} \cdot (R_P + R_S \cdot f_{calefacción})}{T_L - T_{MIN}}$$

(Ec. 27)

$$L_{refrigeración} = \frac{Q_{refrigeración} \cdot \frac{COP_{refrigeración} + 1}{COP_{refrigeración}} \cdot (R_P + R_S \cdot f_{refrigeración})}{T_{MAX} - T_H}$$

(Ec. 28)

donde el cálculo de cada uno de los parámetros de los que depende se muestra en los siguientes apartados.

#### 2.2.4.1.6.1 Temperaturas máximas y mínimas de la tierra

A partir de las ecuaciones siguientes es posible determinar la temperatura máxima ( $T_H$ ) y mínima ( $T_L$ ) que ocurren durante el ciclo anual para cualquier profundidad ( $X_S$ ).

$$T_L = T_m - A_S \cdot e^{\left(-X_S \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}}\right)} \quad (\text{Ec. 29})$$

$$T_H = T_m + A_S \cdot e^{\left(-X_S \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}}\right)} \quad (\text{Ec. 30})$$

donde

$A_S$  es la oscilación de la temperatura superficial y se puede asumir nulo para sistemas verticales, debido a que las fluctuaciones diarias de la temperatura con la profundidad dejan de apreciarse después de 8 metros, como se puede apreciar en la siguiente gráfica.

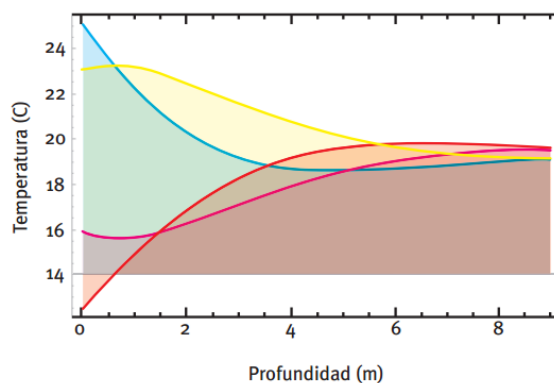


Figura 9. Oscilación de la temperatura superficial en función de la profundidad. IDAE [4]

Por tanto, la temperatura máxima y mínima del suelo son iguales y su valor es igual a la temperatura media de la tierra ( $T_m$ ), que se puede asumir como la temperatura seca media anual del lugar. El dato ha sido obtenido del Instituto Nacional de Meteorología, para la ciudad de Madrid, como se muestra en la siguiente gráfica.

$$T_L = T_H = T_m = 14,1^\circ C \quad (\text{Ec. 31})$$

### Valores climatológicos normales. Madrid Aeropuerto

Periodo: 1971-2000 - Altitud (m): 609  
Latitud: 40° 28' 0" N - Longitud: 3° 33' 20" O - Posición: Ver localización ▶

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	5.4	10.6	0.3	33	75	6	1	0	5	16	9	140
Febrero	7.2	12.9	1.5	34	68	5	1	0	2	11	6	164
Marzo	9.8	16.3	3.2	23	59	4	0	1	1	6	7	221
Abril	11.7	18.0	5.4	39	58	6	0	1	0	1	5	219
Mayo	15.6	22.3	8.8	47	56	7	0	3	0	0	4	256
Junio	20.7	28.2	13.0	26	47	4	0	4	0	0	8	299
Julio	24.5	33.0	16.1	11	40	2	0	3	0	0	16	344
Agosto	24.2	32.4	16.0	12	41	2	0	2	0	0	14	328
Septiembre	20.2	27.6	12.7	24	51	3	0	2	1	0	8	252
Octubre	14.4	20.6	8.3	39	64	6	0	1	1	0	6	198
Noviembre	9.2	14.7	3.8	48	73	6	0	0	3	6	7	155
Diciembre	5.4	11.0	1.8	48	77	7	1	0	6	12	6	115
Año	14.1	20.6	7.6	386	59	58	3	17	19	54	94	2658

#### Leyenda

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

Tabla 23. Valores climatológicos normales para la ciudad de Madrid. AEMET [6]

#### 2.2.4.1.6.2 Temperaturas máximas y mínimas de entrada del fluido a la bomba de calor

El fluido geotérmico intercambia calor en el evaporador en invierno (calefacción) y en el condensador en verano (refrigeración) debido a la diferencia de temperaturas que existe entre el fluido geotérmico y el fluido de la bomba de calor.

La bomba de calor escogida trabaja con temperaturas en el evaporador en invierno entre 5 °C y 10 °C, mientras que en el condensador en verano trabaja entre 30 °C y 35°C.

Por tanto,

$$T_{MIN} = 5^{\circ}C$$

$$T_{MAX} = 35^{\circ}C$$

#### 2.2.4.1.6.3 Diferencia de temperaturas entre el circuito y el suelo

Para los ciclos de calefacción, se calcula como

$$T_L - T_{MIN} = 14,1^{\circ}C - 5^{\circ}C = 9,1^{\circ}C$$

(Ec. 32)

Para los ciclos de refrigeración se calcula como

$$T_{MAX} - T_H = 35^{\circ}C - 14,1^{\circ}C = 20,9^{\circ}C$$

(Ec. 33)

#### 2.2.4.1.6.4 Resistencia de los tubos al flujo de calor

Es posible calcular este parámetro a través de la siguiente expresión

$$R_P = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K_p} \cdot \ln\left(\frac{D_{ext}}{D_{int}}\right)$$

(Ec. 34)

donde

$D_{ext}$  es el diámetro exterior de los tubos

$D_{int}$  es el diámetro interior de los tubos

$K_p = 0,43 \text{ W/m} \cdot K$  es la conductividad térmica del material de los tubos

Por tanto,

$$R_P = 0,074 \text{ m} \cdot K/W$$

#### 2.2.4.1.6.5 Resistencia de la tierra

La resistencia de la tierra ( $R_s$ ) es la inversa de la conductividad térmica del terreno. Conociendo la composición del terreno de la zona se puede determinar su conductividad térmica.

La composición geológica del suelo se puede determinar realizando una excavación de profundidad mediante un test de respuesta geotérmico (TRG). Este estudio tan detallado

conlleva un coste adicional elevado, y es posible determinar de forma aproximada este dato mediante otros métodos.

El instituto Geológico y Minero de España se dedica a estudiar cada palmo de suelo perteneciente al país. Pone a disposición del público unos mapas geológicos, ordenados por cuadrículas en zonas toda la península e islas.

El proyecto está ubicado en la ciudad de Madrid, muy cerca del aeropuerto de Barajas, por lo que le corresponde el mapa geológico número 559 de la segunda serie. De este mapa se ha determinado que el suelo en la zona donde se encuentra el edificio está compuesto de arcosas y arcillas, así como de arcillas y carbonatos. El mapa en versión reducida, así como una ampliación de la zona donde está ubicado el edificio, y la composición del suelo se pueden consultar en el apartado de anexos.

De la guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica [4], se extrae el dato de la conductividad térmica del suelo para composiciones de arcillas. La siguiente tabla hace referencia a datos extraídos del libro “Geothermal energy and heat storage” de D.Paud del 2002 [7].

Tipo de roca	Conductividad térmica (W/mK)			Capacidad térmica volumétrica
	Mín.	Valor típico	Máx.	(MJ)/m³K)
Rocas magmáticas				
Basalto	1,3	1,7	2,3	2,3-2,6
Diorita	2	2,6	2,9	2,9
Grabo	1,7	1,9	2,5	2,6
Granito	2,1	3,4	4,1	2,1-3,0
Peridotita	3,8	4	5,3	2,7
Riolita	3,1	3,3	3,4	2,1
Rocas metamórficas				
Gneis	1,9	2,9	4	1,8-2,4
Mármol	1,3	2,1	3,1	2
Metacuarcita		aprox. 5,8		2,1
Micasquistos	1,5	2	3,1	2,2
Esquistos arcillosos	1,5	2,1	2,1	2,2-2,5
Rocas sedimentarias				
Caliza	2,5	2,8	4	2,1-2,4
Marga	1,5	2,1	3,5	2,2-2,3
Cuarcita	3,6	6	6,6	2,1-2,2
Sal	5,3	5,4	6,4	1,2
Arenisca	1,3	2,3	5,1	1,6-2,8
Limolitas y argilitas	1,1	2,2	3,5	2,1-2,4
Rocas no consolidadas				
Grava, seca	0,4	0,4	0,5	1,4-1,6
Grava, saturada de agua		aprox. 1,8		aprox. 2,4
Arena, seca	0,3	0,4	0,8	1,3-1,6
Arena, saturada de agua	1,7	2,4	5	2,2-2,9
Arcilla/limo, seco	0,4	0,5	1	1,5-1,6
Arcilla/limo, saturado de agua	0,9	1,7	2,3	1,6-3,4
Turba	0,2	0,4	0,7	0,5-3,8
Otros materiales				
Bentonita	0,5	0,6	0,8	aprox. 3,9
Hormigón	0,9	1,6	2	aprox. 1,8
Hielo (-10°C)		2,32		1,87
Plástico (PE)		0,39		
Aire (0 - 20 °C, seco)		0,02		0,0012
Acero		60		3,12
Agua (+ 10 °C)		0,58		4,19

Tabla 24. Valores típicos de conductividad térmica y capacidad calorífica para diversos tipos de suelos. IDAE [4]

De los valores típicos para las arcillas, se ha cogido un valor medio entre las arcillas secas y saturadas de agua. La conductividad térmica del suelo es de 1,2 W/m·K.

La resistencia de la tierra es el inverso de este valor.

$$R_s = 0,83 \, m \cdot K/W$$



#### 2.2.4.1.6.6 Factor de utilización

Representa la fracción de tiempo que está en marcha la bomba de calor y, por tanto, el tiempo de funcionamiento estacional de la instalación.

La manera más sencilla de calcular la carga térmica es asumir que es una función lineal de la temperatura del aire exterior. Se deben tener cuatro puntos (dos para calefacción y dos para refrigeración) para poder determinar dicha función.

Por un lado, se conoce la carga máxima calorífica en invierno para una temperatura de aire exterior para Madrid de  $(-3,7^{\circ}\text{C})$  y la carga máxima frigorífica en verano para una temperatura de aire exterior para Madrid de  $(35^{\circ}\text{C})$ .

Por otro lado, se puede asumir que el sistema sólo demandará calor en invierno cuando la temperatura del aire sea inferior a  $16^{\circ}\text{C}$ , y que solo demandará frío en verano cuando la temperatura del sea superior a  $21^{\circ}\text{C}$ .

Estos son los cuatro puntos necesarios para calcular la función lineal, y la gráfica correspondiente a su cálculo.

	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Carga (KW)
<b>Refrigeración VERANO</b>	35	1098,479
	21	0
<b>Calefacción INVIERNO</b>	-3,7	527,849
	16	0

Tabla 25. Puntos característicos de la función lineal del factor de utilización

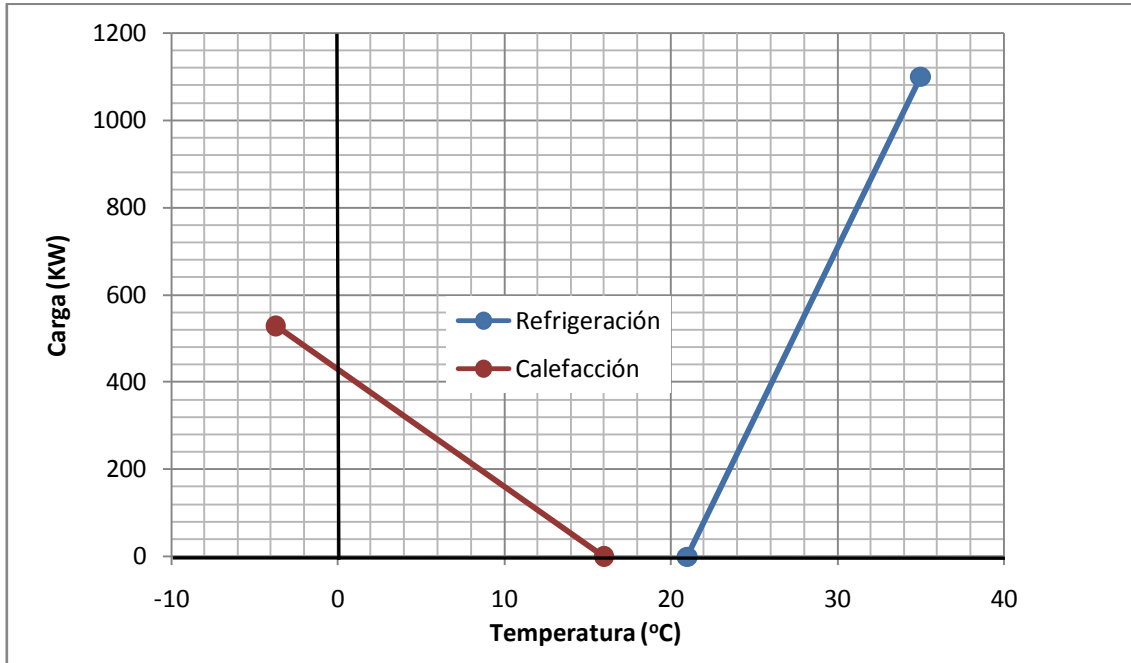


Figura 10. Variación de las cargas de calefacción y refrigeración en función de la temperatura

Las ecuaciones que rigen cada una de las funciones lineales son las siguientes:

Calefacción:  $Carga(KW) = -26,79 \cdot Temperatura (oC) + 428,7$

(Ec. 35)

Refrigeración:  $Carga(KW) = 78,46 \cdot Temperatura (oC) - 1647$

(Ec. 36)

El factor de utilización de la bomba se define como el cociente entre el número de horas de marcha de la bomba de calor y el número de horas totales en el periodo deseado.

Para calcular el factor de utilización de la bomba se ha utilizado una hoja de cálculo, en el que figuran los siguientes campos:

Mes: Hace referencia al mes en que se calculan todos los parámetros. Para Calefacción se calculará para Diciembre, Enero y Febrero, y para refrigeración será para Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Tmed: Temperatura media del mes de cálculo. Dato extraído de la Agencia Estatal de Meteorología [5]. Sus valores figuran en la tabla 23.

Rango T: Intervalo de temperaturas exteriores entre las que se van a calcular los datos. Serán incrementos de 1°C.

Text media: Es el valor medio del intervalo de temperaturas exteriores de cálculo.

Bin Hours: Término que determina el número de horas que un rango de temperaturas determinado se da en un mes. Los datos para la ciudad de Madrid, se han obtenido de la estación del Aeropuerto de Barajas, gracias a la base de datos que la Agencia Estatal de Meteorología pone a disposición del público. Es posible acceder a su servidor de datos de su página web, y encontrar la información en las Series Climatológicas para Valores Diarios. Los datos con los que se han hecho los cálculos pertenecen al año 2011.

Carga del edificio: Carga térmica proporcional a la temperatura exterior media. Se calcula mediante las funciones lineales asumidas para calefacción y refrigeración (ecuaciones 35 y 36).

Fracción marcha: Establece cuánta carga térmica, sobre el total calculado para valores extremos, se está usando en cada rango de temperaturas. Se calcula dividiendo la carga del edificio en cada rango de temperaturas (variable) entre la potencia de la bomba de calor (constante para cada uno de los modos de calefacción o refrigeración).

Horas marcha: Tiempo en horas que la bomba de calor está funcionando en cada rango de temperaturas en un mes.

Tras establecer la tabla de datos, es necesario sumar el número de horas en marcha y obtener su total.

Por otro lado se suman las horas totales del periodo de calefacción (2160 horas en diciembre, enero y febrero) y refrigeración (2928 horas de junio, julio, agosto y septiembre) respectivamente.

Dividiendo ambos términos se obtiene el factor de utilización para los dos periodos.

$$f_{Refrigeracion} = 0,332$$

$$f_{Calefaccion} = 0,402$$

El desglose de los datos, y el cálculo detallado de todos los parámetros se puede ver en las hojas de cálculo en el apartado de anexos.

### 2.2.4.1.7 Longitud del intercambiador enterrado

Una vez calculados todos los parámetros se procede al cálculo de la longitud del intercambiador enterrado para los modos calefacción y refrigeración respectivamente.

Para invierno, la longitud del intercambiador viene definida por la siguiente expresión

$$L_{calefacción} = \frac{Q_{calefacción} \cdot \frac{COP_{calefacción} - 1}{COP_{calefacción}} \cdot (R_P + R_S \cdot f_{calefacción})}{T_L - T_{MIN}} \quad (\text{Ec. 37})$$

donde

$$Q_{calefacción} = 1253 \text{ KW}$$

$$COP_{calefacción} = 4,21$$

$$R_P = 0,074 \text{ m} \cdot \text{K/W}$$

$$R_S = 0,83 \text{ m} \cdot \text{K/W}$$

$$f_{calefacción} = 0,402$$

$$T_L = 14,1^\circ \text{C}$$

$$T_{MIN} = 5^\circ \text{C}$$

Se obtiene una longitud necesaria de intercambio

$$L_{calefacción} = 42798,72 \text{ m}$$

Para verano, la longitud del intercambiador viene definida por la siguiente expresión

$$L_{refrigeración} = \frac{Q_{refrigeración} \cdot \frac{COP_{refrigeración} + 1}{COP_{refrigeración}} \cdot (R_P + R_S \cdot f_{refrigeración})}{T_{MAX} - T_H} \quad (\text{Ec. 38})$$

donde

$$Q_{refrigeración} = 1167 \text{ KW}$$

$$COP_{refrigeración} = 4,69$$

$$R_P = 0,074 \text{ m} \cdot \text{K/W}$$

$$R_S = 0,83 \text{ m} \cdot \text{K/W}$$

$$f_{\text{refrigeración}} = 0,332$$

$$T_{MAX} = 35^\circ \text{C}$$

$$T_H = 14,1^\circ \text{C}$$

Se obtiene una longitud necesaria de intercambio

$$L_{\text{refrigeración}} = 23680,22 \text{ m}$$

La diferencia apreciable entre las longitudes necesarias para ambos modos puede parecer, a priori, contradictoria con las necesidades térmicas del edificio. Pero si se estudia en detalle la expresión que calcula la longitud de los sondeos, se aprecia como la diferencia de temperaturas en invierno entre el fluido y la tierra es de unos  $9^\circ \text{C}$ , mientras que en verano la diferencia de temperaturas es de casi  $16^\circ \text{C}$ . La longitud de los sondeos es la necesaria para que la bomba de calor funcione en correctas condiciones, y al tener, en el modo refrigeración un salto de temperaturas mayor, la longitud de intercambio se reduce considerablemente.

Para determinar cuántos debe medir cada uno de los sondeos, debe utilizarse la longitud más desfavorable, que es la de calefacción.

Se tienen tubos en doble u, por lo que cada sondeo cuenta con cuatro tubos

$$L_{\text{TodosSondeos}} = \frac{42798,72 \text{ m}}{4} = 10699,68 \text{ m}$$

Se tiene espacio para realizar 98 sondeos, por lo que la longitud necesaria de cada sondeo es

$$L_{1\text{Sondeo}} = \frac{L_{\text{TodosSondeos}}}{n^\circ \text{ sondeos}} = \frac{10699,68 \text{ m}}{98} = 109,18 \text{ m}$$

(Ec. 39)

El fabricante REHAU trabaja los tubos de doble U escogidos anteriormente un diferentes longitudes (50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140 y 150 metros)

Se escogen, por tanto las sondas geotérmicas RAUGEO PE-Xa 32 x 2,9 - 4 tubos de longitud 110 metros. El catálogo puede encontrarse en el apartado de anexos.

### **2.2.4.2 Instalación de climatización y configuración de equipos**

El objeto principal del presente proyecto consiste en diseñar la captación de calor mediante geotermia para climatizar el edificio. Por ello se propone una instalación nueva de unidades terminales en el edificio, que conseguirían un mejor rendimiento, y un menor consumo. No se hace especial hincapié en este apartado y solo debe servir como estudio inicial en caso de que se quisiese instalar dicha configuración. Esta decisión la deberá tomar el cliente, en caso de que quiera asumir esa inversión, y es por eso que se incluye en este proyecto.

#### **2.2.4.2.1 Unidades terminales**

El conjunto de unidades terminales del sistema de climatización estaría compuesto por fancoils. La empresa “Declima”, experta en la instalación de aire acondicionado y sistemas de climatización, establece que es recomendable colocar un fan coil cada 25 m<sup>2</sup>, para que la climatización de los locales se realice de una forma óptima.

Se ha decidido colocar las unidades terminales atendiendo a este criterio pero siendo más restrictivos. Se colocará un fan coil cada 20 m<sup>2</sup> de superficie útil, pues la recomendación es para viviendas domésticas, y el proyecto trata sobre climatización de un edificio de oficinas donde la altura libre es ligeramente superior. Además, será necesario disponer de un fan coil en cada una de las dependencias en las que se divide cada una de las plantas del edificio.

La planta baja del edificio, consta de un menor número de despachos y dependencias independientes, por lo que no serán necesarias el mismo número de unidades en esta planta y en el resto.

El sistema de climatización final es una red de conductos, situada en el falso techo de cada una de las plantas. Consta, por tanto, de una serie de fancoils de dos potencias diferentes, así como rejillas que distribuyen el aire de ventilación y climatización. Atendiendo a las necesidades anteriores del edificio, se han seleccionado fan coils similares. Anteriormente los existentes solo disponían del modo frío para acondicionar el edificio puesto que el calor lo obtenían de una caldera.

En algunas dependencias es necesario un caudal de aire mayor, por tanto se acondiciona por medio de rejillas y es necesario un aparato con mayor volumen de carga. Es por eso que se

escogen unidades de dos tipos diferentes, atendiendo al caudal de las unidades anteriormente instaladas.

Los dos tipos de unidades son de la marca Termoven, y se tratan de fan coils de tipo horizontal sin envolvente, aptas para ser instaladas en falso techo. Llevan instalado un filtro vertical, por lo que su denominación es TFV (Techo Filtro Vertical). La diferencia entre ambos equipos es el caudal que tratan, así como la potencia que son capaces de entregar en frío y en calor.

Se resumen en la siguiente tabla las diferentes características de ambos fan coils. El rango al que hacen referencia recorre las seis velocidades de las que disponen. Como potencia nominal puede tomarse el valor mayor del rango.

	Fancoil tipo I	Fancoil tipo II
	TFV 550	TFV 850
Caudal de aire (m <sup>3</sup> /h)	356 - 791	514 - 1118
Potencia frigorífica total (W)	2590 - 4080	3590 - 5490
Potencia frigorífica sensible (W)	1840 - 3240	2590 - 4430
Potencia calorífica (W)	2990 - 5390	4210 - 7360
Caudal de agua (l/h)	702	943

Tabla 26. Especificaciones técnicas de los fan coils

Los fan coil de tipo I llevan asociada una rejilla, mientras que los fan coil de tipo II llevan asociadas dos rejillas, debido a su mayor potencia.

Las restantes rejillas, tienen unas dimensiones de 120 centímetros de ancho por 30 centímetros de alto y su función es distribuir el aire de climatización de acuerdo a las necesidades fijadas.

En la siguiente tabla se muestran desglosadas las unidades a instalar en cada una de las plantas del edificio a climatizar.

Ubicación		Número de equipos		
		Fan coil tipo I	Fan coil tipo II	Rejillas
Planta baja	Edificio A	48	0	80
	Edificio B	37	12	100
Planta primera	Edificio A	70	18	110
	Edificio B	69	18	127
Planta segunda	Edificio A	71	22	152
	Edificio B	74	19	149
Planta tercera	Edificio A	71	22	152
	Edificio B	74	19	149
Planta cuarta	Edificio A	71	22	152
	Edificio B	74	19	149
Planta quinta	Edificio A	71	22	152
	Edificio B	74	19	149
Planta sexta	Edificio A	71	22	152
	Edificio B	74	19	149
TOTAL		949	253	1922

Tabla 27. Ubicación de los fan coils en el edificio

En total, son necesarios 949 fan coil de tipo I y 253 de tipo II, que suman 1202 unidades terminales. La distribución seleccionada atiende al criterio seguido ya que los 23522 metros cuadrados de superficie total útil del edificio necesitarían aproximadamente 1176 unidades.

#### 2.2.4.2.2 Circuito hidráulico

El circuito hidráulico debe encargarse de llevar el agua desde la bomba de calor hasta los fan coils. Debe estar compuesta por tuberías, codos, válvulas y demás accesorios de modo que se garanticen las condiciones de diseño. Deben existir dos circuitos, uno de impulsión y otro de retorno del agua a la bomba de calor.



Su diseño debe estar basado en los niveles máximos de carga alcanzables en la instalación, así como en la velocidad máxima del agua circulando por las tuberías.

#### 2.2.4.2.2.1 Selección del diámetro de tuberías

El caudal que debe transportar la red de tuberías viene dado por la potencia a transportar y por el salto de temperaturas. Se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$\dot{m} = \frac{Pot}{c_p \cdot \Delta T}$$

(Ec. 40)

donde

$Pot$  es la potencia de cada fan coil

$c_p$  es el calor específico del agua, 4,18 KJ/kg·K

$\Delta T$  es el salto de temperaturas igual a 5°C para la potencia nominal de trabajo

La guía técnica de Instalaciones de climatización por agua desarrollado por el IDAE [5], muestra una tabla que facilita la selección del diámetro de tuberías, en función de la potencia de los equipos terminales. Se selecciona aquella que es apta para verano e invierno (temperatura del agua de 10°C).

La selección del diámetro de las tuberías debe hacerse para una pérdida de presión máxima de 40 mm de columna de agua (m.c.a.) por metro de tubería, de modo que se restrinja el diámetro de los tubos, para que no sea muy grande y las bombas no tengan que tener una gran potencia de impulsión del fluido.

Además, la velocidad máxima del agua circulante por las tuberías debe ser inferior a 1,2 m/s para evitar ruidos y vibraciones que hagan que la instalación funcione de forma incorrecta.

Para tubos de material de cobre según la norma UNE-EN 1057, y una pérdida de carga máxima de 40 mm c.a./m, se pueden seleccionar los diámetros necesarios atendiendo a la siguiente tabla.

Potencia (kW)	Caudal ( $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ ) (l/h)	Caudal ( $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ ) (l/s)	Diámetro nominal	Velocidad (m/s)	DP (mm c.a./m)
1	172	0,048	12 x 1,0 15 x 1,0	0,61 0,36	72,4 21,0
1,5	257	0,071	15 x 1,0 18 x 1,0	0,54 0,36	42,1 15,8
2	343	0,095	15 x 1,0 18 x 1,0	0,72 0,47	69,1 25,9
2,5	429	0,119	15 x 1,0 18 x 1,0	0,90 0,59	101,7 38,0
3	515	0,143	18 x 1,0 22 x 1,0	0,71 0,45	52,1 18,1
4	686	0,191	18 x 1,0 22 x 1,0	0,95 0,61	86,0 29,8
5	858	0,238	22 x 1,0 25 x 1,5	0,76 0,63	44,0 28,0
6	1.029	0,286	22 x 1,0 25 x 1,5	0,91 0,75	60,4 38,4
7	1.201	0,333	25 x 1,5 28 x 1,5	0,88 0,68	50,3 27,4
8	1.372	0,381	25 x 1,5 28 x 1,5	1,00 0,78	63,6 34,6
9	1.544	0,429	28 x 1,5 35 x 1,5	0,87 0,53	42,5 13,2
10	1.715	0,476	28 x 1,5 35 x 1,5	0,97 0,59	51,2 15,8
12	2.058	0,572	28 x 1,5 35 x 1,5	1,16 0,71	70,5 21,8
14	2.401	0,667	28 x 1,5 35 x 1,5	1,36 0,83	92,6 28,5
16	2.744	0,762	28 x 1,5 35 x 1,5	1,55 0,95	117,2 36,1
18	3.087	0,858	35 x 1,5 42 x 1,5	1,07 0,72	44,4 17,3
20	3.430	0,953	35 x 1,5 42 x 1,5	1,18 0,80	53,5 20,8
22,5	3.859	1,072	35 x 1,5 42 x 1,5	1,33 0,90	65,9 25,6
25	4.288	1,191	35 x 1,5 42 x 1,5	1,48 1,00	79,5 30,9
27,5	4.717	1,310	35 x 1,5 42 x 1,5	1,63 1,10	94,1 36,5
30	5.145	1,429	42 x 1,5 54 x 2,0	1,20 0,73	42,6 13,0

Tabla 28. Diámetro nominal y pérdida de carga de las tuberías de cobre para climatización. IDAE [5]

Los fan coils de la instalación tienen una potencia nominal de refrigeración de 4,08 KW para los de tipo I y 5,49 KW para los de tipo II y una potencia nominal de calefacción de 5,39 KW para los de tipo I y 7,36 KW para los de tipo II.

Para garantizar que la pérdida de carga en la instalación no supere los 40 mm c.a/m, establecidos en el diseño se escoge un diámetro nominal de tubo que se especifica en la siguiente tabla

	Fancoil tipo I		Fancoil tipo II	
	Diam. nominal	$\Delta P$ (mm c.a/m)	Diam. nominal	$\Delta P$ (mm c.a/m)
<b>Refrigeración</b>	22x1	29,8	25x1,5	38,4
<b>Calefacción</b>	25x1,5	38,4	28x1,5	34,6

Tabla 29. Diámetros de tubería escogidos en función de la unidad terminal

La longitud de cada uno de los tramos es la que abastece a cada fan coil desde la línea principal de abastecimiento de agua.

#### 2.2.4.2.2.2 Aislamiento de las tuberías

Las red de distribución del circuito de climatización con agua trabajará en un rango de temperaturas de entre 40 y 45 °C en invierno y entre 7 y 12 °C en verano.

El cálculo de los aislamientos de las tuberías puede realizarse por el método simplificado (prescriptivo) o por el método prestacional. Se elige el primero de ellos para el dimensionamiento.

El método prescriptivo viene explicado en la instrucción técnica IT 1.2.4.2.1.2 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE). Establece unos espesores mínimos de acuerdo a la siguiente tabla:

Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios								
Diámetro exterior tubería	$\lambda_{ref} = 0,040 \text{ (W/m}\cdot\text{K)} \text{ a } 10^\circ\text{C}$				$\lambda = 0,035 \text{ (W/m}\cdot\text{K)} \text{ a } 10^\circ\text{C}$			
	$T_{MAX \text{ DEL FLUIDO}}$		$T_{MIN \text{ DEL FLUIDO}}$		$T_{MAX \text{ DEL FLUIDO}}$		$T_{MIN \text{ DEL FLUIDO}}$	
	40 a 60 °C		> 0 a 10 °C		40 a 60 °C		> 0 a 10 °C	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
$D \leq 35$	25	35	20	40	20,5	28,3	16,6	32,1
$35 < D \leq 60$	30	40	30	50	25,0	33,0	25,0	40,8
$60 < D \leq 90$	30	40	30	50	25,4	33,5	25,4	41,5
$90 < D \leq 140$	30	40	40	60	25,6	34,0	34,0	50,3

Tabla 30. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios. IDAE [5]

Se tiene un diámetro exterior de tubería de 25 mm, que se encuentra situada en todo su recorrido en el interior del edificio. El espesor mínimo que deben tener las tuberías y accesorios, para una conductividad de referencia de  $0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  debe ser de 25 mm.

#### **2.2.4.2.3 Bomba circuladora**

Es necesario escoger bombas que garanticen que el circuito va a funcionar de acuerdo al caudal que debe llegar a la unidad terminal más desfavorable, así como que lo hagan a la velocidad de diseño y sean capaces de aportar el salto de presiones dado en el circuito.

Se colocan en la red de tuberías para llevar el agua caliente o fría a través de toda la instalación y retornarla de vuelta a la bomba de calor.

Un aspecto a tener en cuenta, es la necesidad de dos bombas en paralelo de modo que se garantice el funcionamiento permanente de la instalación, aun cuando una de ellas pudiese estropearse. De esta manera se previene la interrupción del servicio en caso de avería.

El RITE no establece requisitos concretos de eficiencia energética en los circuitos hidráulicos. Sólo destaca la exigencia de que la selección de las bombas se realice para que en el punto de funcionamiento su rendimiento sea máximo. En circuitos de caudal variable, la selección deberá realizarse para las condiciones medias de funcionamiento.

En los circuitos hidráulicos debe reducirse al máximo la utilización de válvulas de equilibrado y no emplearlas en serie con la bomba en circuitos a caudal constante. Las válvulas son pérdidas energéticas que habrá que reducir al máximo. Los circuitos a caudal constante con fan coils regulados con válvulas de 3 vías tendrán un consumo de las bombas constante e independiente de la carga. Es preferible emplear circuitos a caudal variable con fan coils regulados con válvulas de 2 vías y bombas con variador de frecuencia.

Las bombas seleccionadas deben ser capaces de abastecer el caudal de agua que necesitan los fan coils para entregar la potencia requerida. Trabajan en paralelo, por lo que el caudal bombeable debe ser la suma de los caudales de los fan coils de cada sector.

Siendo el caudal necesario para el fancoil de tipo I de 702 l/h y de 943 l/h para el de tipo II, en la siguiente tabla se especifican las necesidades:

Ubicación		Número de equipos				
		Fan coil tipo I	Suma de caudales (l/h)	Fan coil tipo II	Suma de caudales (l/h)	Caudal total (l/h)
Planta baja	Edificio A	48	33696	0	0	33696
	Edificio B	37	25974	12	11316	37290
Planta primera	Edificio A	70	49140	18	16974	66114
	Edificio B	69	48438	18	16974	65412
Planta segunda	Edificio A	71	49842	22	20746	70588
	Edificio B	74	51948	19	17917	69865
Planta tercera	Edificio A	71	49842	22	20746	70588
	Edificio B	74	51948	19	17917	69865
Planta cuarta	Edificio A	71	49842	22	20746	70588
	Edificio B	74	51948	19	17917	69865
Planta quinta	Edificio A	71	49842	22	20746	70588
	Edificio B	74	51948	19	17917	69865
Planta sexta	Edificio A	71	49842	22	20746	70588
	Edificio B	74	51948	19	17917	69865

Tabla 31. Necesidades de caudales en el circuito hidráulico por plantas y edificios

En la siguiente tabla, se resumen las necesidades por edificios y se calcula el acumulado de toda la instalación.

	Suma de caudales (l/h)	Suma de caudales (m <sup>3</sup> /h)	Caudal total (m <sup>3</sup> /h)
Edificio A	452750	452,750	904,777
Edificio B	452027	452,027	

Tabla 32. Necesidades de caudales en el circuito hidráulico totales

Se escogen dos grupos de impulsión, uno para cada edificio de la marca SEDICAL. EL modelo escogido es SIM 250/415 – 90.0/K. Se trata de una bomba normalizada, que gira a 1450 r.p.m. y trabaja en caudales desde 1 hasta 500 m<sup>3</sup>/h. Lleva incorporado un variador de frecuencia, de acuerdo a lo que recomienda el RITE.

#### 2.2.4.2.4 Vaso de expansión

Los cambios de volumen que pueden producirse por la diferencia de temperaturas en el fluido de las sondas geotérmicas, aunque mínimas, hacen que el sistema no pueda funcionar correctamente.

Es necesario instalar un vaso de expansión que absorba dichos cambios de volumen, manteniendo unos niveles de presión preestablecidos.

El cálculo de los vasos de explosión viene recogido en la norma UNE 100.155/2004. El volumen total necesario del vaso de expansión se calcula mediante la siguiente expresión.

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

(Ec. 41)

donde

$V_t$  es el volumen total del vaso de expansión

$V$  es el volumen de la instalación de la que tiene que sufragar los cambios

$C_e$  es el coeficiente de expansión del fluido, y se calcula como

$$C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot t + 0,0036 \cdot t^2) \cdot 10^{-3}$$

(Ec. 42)

$C_p$  es el coeficiente de presiones del vaso de expansión, y se calcula como

$$C_p = \frac{P_{\max \text{ vaso}}}{P_{\max \text{ vaso}} - P_{\min \text{ vaso}}}$$

(Ec. 43)

Los vasos de expansión de la marca Sedical, modelos “réflex s” trabajan a presiones de entre 2,5 y 4,3 bares. Para estos valores de presión el coeficiente de presiones toma el valor de

$$C_p = 2,389$$

La temperatura de cálculo del coeficiente de expansión es de 45°C. Se tiene que el coeficiente de expansión toma el valor de

$$C_e = 0,00842$$

El volumen de la instalación es la de los captadores geotérmicos. Esto es:

$$V = 1,378m^3 = 1378 \text{ litros}$$

Con estos datos, el volumen necesario del vaso de expansión toma el valor de

$$V_t = 27,72 \text{ litros}$$

Se selecciona un vaso de expansión de la marca Sedical, modelo “réflex s”, con un volumen de 33 litros.

#### **2.2.4.2.5 Distribución de aire: red de conductos de impulsión y red de extracción de aire**

Las necesidades térmicas del edificio no han cambiado. Ya se cuenta con una red de conductos, previamente diseñada, de impulsión y extracción de aire. Se aprovechará dicha instalación y bastará con corroborar que todos los circuitos funcionan bien entre sí.

En la siguiente tabla se muestran los conductos de los que dispone cada edificio, todos iguales para todas las plantas. La distribución se puede ver detalladamente en los planos correspondientes. Las etapas con mayor numeración se encuentran más alejadas de las bombas de impulsión y retorno del aire. Las dimensiones están expresadas en mm, siendo el primer término la dimensión horizontal y el segundo la vertical.

	Aire Impulsión (primario)	Aire de extracción
<b>Etapas I</b>	600 x 200	500 x 200
<b>Etapas II</b>	350 x 150	350 x 200
<b>Etapas III</b>	250 x 150	300 x 150

Tabla 33. Dimensiones de los conductos de distribución del aire

## 2.3 Anexos

### 2.3.1 Superficies de las plantas del edificio

#### 2.3.1.1 Superficies de la Planta Baja

Edificio A		Edificio B	
Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )
Aseo caballeros 1	3,15	Despacho 1	32,50
Aseo caballeros 2	10,50	Despacho 2	10,45
Aseo señoras 1	5,00	Despacho 3	18,00
Aseo señoras 2	10,50	Despacho 4	21,50
Almacén	10,85	Despacho 5	9,80
Distribuidor 1	33,00	Despacho 6	23,85
Distribuidor 2	64,75	Despacho 7	8,45
Distribuidor 3	10,90	Despacho 8	17,40
Distribuidor 4	68,50	Despacho 9	12,00
Consultorio médico	24,00	Despacho 10	15,00
ATS y Sala de curas	26,30	Almacén	6,55
Zona de espera 1	8,70	Cuarto de basuras	6,55
Zona de espera 2	9,90	Cámara frigorífica	37,10
Archivo	5,50	Aseo	17,35
Administración	10,22	Aseo señoras	8,70
Fisioterapia 1	16,28	Aseo caballeros	7,80
Fisioterapia 2	15,06	Distribuidor 1	28,50
Exploración	11,52	Distribuidor 2	34,20
Consultorio médico	24,00	Distribuidor 3	11,90
Sala 1	27,00	Distribuidor 4	132,00
Sala 2	39,60	Cuarto 1	4,33
Sala 3	18,65	Cuarto 2	4,00
Sala 4	12,20	Cuarto 3	6,05



Sala 5	12,85	Cuarto 4	5,10
Sala 6	24,10	Punto ofimática	3,30
Sala 7	21,30	Sala 1	17,60
Sala 8	21,05	Sala 2	11,60
Sala 9	12,35	Sala 3	11,85
Sala 10	12,35	Sala 4	23,75
Sala 11	6,10	Sala 5	15,65
Punto ofimática	4,00	Sala 6	21,00
Hall	291,40	Sala 7	10,90
Cajeros automáticos	4,75	Sala 8	10,90
Cuarto de la limpieza	17,80	Cafetería	147,60
Vestuario mujeres	32,40	Hall	297,15
Vestuario caballeros	34,50	Comedor	580,80
Estafeta	105,25	<b>Total útil edificio B</b>	<b>1631,28 m<sup>2</sup></b>
Almacén de mantenimiento	46,85		
Llegada de paquetería	24,50		
Despacho	25,00		
Taller de mantenimiento	47,05		
Logística	62,15		
Archivo papelería	13,00		
Archivo	60,40		
Sala de copias	118,65		
Almacén de copias	6,50		
Trabajador Toshiba	16,20		
<b>Total útil edificio A</b>	<b>1486,58 m<sup>2</sup></b>		

**Total útil Planta Baja: 3117,86 m<sup>2</sup>**

Tabla 34. Superficies de la planta baja

### 2.3.1.2 Superficies de la Planta Primera

Edificio A		Edificio B	
Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )
Área abierta	750,00	Área abierta	673,00
Área abierta	658,00	Área abierta	408,00
Despacho 1	22,50	Despacho 4	22,47
Despacho 2	10,71	Despacho 5	22,50
Despacho 3	11,06	Sala de descanso 3	5,85
Sala de descanso 1	5,85	Sala de descanso 4	5,85
Sala de descanso 2	5,85	Sala de reuniones 3	26,33
Sala de reuniones 1	26,24	Sala de reuniones 4	25,40
Sala de reuniones 2	16,89	Sala de reuniones 5	25,40
Vestíbulo	116,85	Sala de reuniones 6	28,66
<b>Total útil edificio A</b>	<b>1623,75 m<sup>2</sup></b>	Sala trading	174,90
		Sala telefónica	22,66
		Office	7,36
		Cuarto	20,58
		Vestíbulo	137,86
		<b>Total útil edificio B</b>	<b>1614,69 m<sup>2</sup></b>

**Total útil Planta Primera: 3238,44 m<sup>2</sup>**

Tabla 35. Superficies de la planta primera

### 2.3.1.3 Superficies de Planta Segunda

Edificio A		Edificio B	
Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )
Área abierta	1387,00	Área abierta	1306,00
Despacho 1	16,60	Despacho 2	22,45
Sala de descanso 1	5,85	Despacho 3	22,45
Sala de descanso 2	5,85	Despacho 4	22,45
Sala de descanso 3	19,85	Despacho 5	11,40
Sala de descanso 4	19,85	Despacho 6	27,68
Sala de descanso 5	5,85	Despacho 7	10,73
Sala de descanso 6	5,85	Despacho 8	16,61
Sala de reuniones 1	28,60	Despacho 9	22,50
Sala de reuniones 2	14,40	Despacho 10	16,86
Sala de reuniones 3	24,77	Sala de descanso 7	5,85
Sala de reuniones 4	24,77	Sala de descanso 8	5,85
Sala de reuniones 5	14,40	Sala de descanso 9	23,74
Sala de reuniones 6	26,24	Sala de descanso 10	19,85
Zona de trabajo	76,07	Sala de descanso 11	19,85
Cuarto	25,09	Sala de descanso 12	5,85
Vestíbulo 1	33,75	Sala de descanso 13	5,85
<b>Total útil edificio A</b>	<b>1740,64 m<sup>2</sup></b>	Sala de reuniones 7	26,24
		Sala de reuniones 8	14,40
		Sala de reuniones 9	24,77
		Sala de reuniones 10	24,77
		Sala de reuniones 11	14,40
		Sala de reuniones 12	28,60
		Vestíbulo 2	33,75
		<b>Total útil edificio B</b>	<b>1721,50 m<sup>2</sup></b>

**Total útil Planta Segunda: 3462,14 m<sup>2</sup>**

Tabla 36. Superficies de la planta segunda

### 2.3.1.4 Superficies de la Planta Tercera

Edificio A		Edificio B	
Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )
Área abierta	1365,00	Área abierta	1323,00
Despacho 8	17,28	Despacho 1	31,70
Despacho 9	16,59	Despacho 2	16,57
Despacho 10	16,56	Despacho 3	27,68
Despacho 11	11,40	Despacho 4	11,42
Despacho 12	27,68	Despacho 5	17,29
Despacho 13	10,70	Despacho 6	11,07
Despacho 14	17,31	Despacho 7	16,88
Sala de reuniones 7	26,24	Sala de reuniones 1	28,60
Sala de reuniones 8	14,27	Sala de reuniones 2	14,40
Sala de reuniones 9	24,77	Sala de reuniones 3	24,77
Sala de reuniones 10	24,77	Sala de reuniones 4	24,77
Sala de reuniones 11	14,40	Sala de reuniones 5	14,40
Sala de reuniones 12	28,60	Sala de reuniones 6	26,24
Sala de descanso 7	5,85	Sala de descanso 1	5,85
Sala de descanso 8	5,85	Sala de descanso 2	5,85
Sala de descanso 9	23,76	Sala de descanso 3	19,85
Sala de descanso 10	19,85	Sala de descanso 4	19,85
Sala de descanso 11	19,85	Sala de descanso 5	5,85
Sala de descanso 12	5,85	Sala de descanso 6	5,85
Sala de descanso 13	5,85	Vestíbulo 1	33,75
Vestíbulo 2	33,75	Zona de trabajo	51,20
<b>Total útil edificio A</b>	<b>1736,18 m<sup>2</sup></b>	<b>Total útil edificio B</b>	<b>1736,84 m<sup>2</sup></b>

**Total útil Planta Tercera: 3473,02 m<sup>2</sup>**

Tabla 37. Superficies de la planta tercera

### 2.3.1.5 Superficies de la Planta Cuarta

Edificio A		Edificio B	
Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )
Área abierta	1238,00	Área abierta	1347,00
Sala de descanso 1	5,85	Despacho 11	16,59
Sala de descanso 2	5,85	Despacho 12	16,60
Sala de descanso 3	23,74	Despacho 13	27,69
Sala de descanso 4	19,85	Despacho 14	11,41
Sala de descanso 5	19,85	Despacho 15	22,49
Sala de descanso 6	5,85	Despacho 16	17,32
Sala de descanso 7	5,85	Despacho 17	22,67
Sala de reuniones 1	28,60	Sala de descanso 8	5,85
Sala de reuniones 2	14,40	Sala de descanso 9	5,85
Sala de reuniones 3	24,77	Sala de descanso 10	19,85
Sala de reuniones 4	24,77	Sala de descanso 11	19,85
Sala de reuniones 5	14,40	Sala de descanso 12	23,74
Despacho 1	17,31	Sala de descanso 13	5,85
Despacho 2	16,88	Sala de descanso 14	5,85
Despacho 3	10,72	Sala de reuniones 6	26,24
Despacho 4	11,42	Sala de reuniones 7	14,40
Despacho 5	10,72	Sala de reuniones 8	24,77
Despacho 6	11,41	Sala de reuniones 9	24,77
Despacho 7	27,69	Sala de reuniones 10	28,56
Despacho 8	22,70	Vestíbulo 2	33,75
Despacho 9	16,88	<b>Total útil edificio B</b>	<b>1687,35 m<sup>2</sup></b>
Despacho 10	17,31		
Cuarto 1	48,93		
Cuarto 2	55,49		
Vestíbulo 1	33,75		
<b>Total útil edificio A</b>	<b>1732,99 m<sup>2</sup></b>		

**Total útil Planta Cuarta: 3420,34 m<sup>2</sup>**

Tabla 38. Superficies de la planta cuarta

### 2.3.1.6 Superficies de la Planta Quinta

Edificio A		Edificio B	
Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )
Área abierta	1320,00	Área abierta	1170,00
Sala de descanso 1	5,85	Despacho 12	22,45
Sala de descanso 2	5,85	Despacho 13	22,45
Sala de descanso 3	19,85	Despacho 14	16,56
Sala de descanso 4	19,85	Despacho 15	11,40
Sala de descanso 5	5,85	Despacho 16	27,68
Sala de descanso 6	5,85	Despacho 17	16,86
Sala de reuniones 1	28,60	Despacho 18	22,66
Sala de reuniones 2	14,40	Despacho 10	16,85
Sala de reuniones 3	24,77	Despacho 20	27,68
Sala de reuniones 4	24,77	Despacho 21	11,43
Sala de reuniones 5	14,40	Despacho 22	16,61
Sala de reuniones 6	26,24	Despacho 23	16,60
Despacho 1	11,42	Despacho 24	28,40
Despacho 2	16,60	Despacho 25	11,42
Despacho 3	22,49	Sala de descanso 7	5,85
Despacho 4	27,68	Sala de descanso 8	5,85
Despacho 5	17,30	Sala de descanso 9	19,85
Despacho 6	16,59	Sala de descanso 10	19,85
Despacho 7	10,73	Sala de descanso 11	5,85
Despacho 8	11,42	Sala de descanso 12	5,85
Despacho 9	10,73	Sala de reuniones 7	26,24
Despacho 10	16,88	Sala de reuniones 8	23,76
Despacho 11	16,88	Sala de reuniones 9	14,27
Vestíbulo 1	24,77	Sala de reuniones 10	24,77
<b>Total útil edificio A</b>	<b>1719,77 m<sup>2</sup></b>	Sala de reuniones 11	24,77
		Sala de reuniones 12	14,40
		Sala de reuniones 13	23,76
		Sala de reuniones 14	28,60
		Vestíbulo 2	24,77

**Total útil edificio B**

**1707,49 m<sup>2</sup>**

**Total útil Planta Quinta: 3427,26 m<sup>2</sup>**

Tabla 39. Superficies de la planta quinta

### 2.3.1.7 Superficies de la Planta Sexta

Edificio A		Edificio B	
Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Uso	Superficie (m <sup>2</sup> )
Área abierta	1245,00	Área abierta	243,00
Despacho 1	11,42	Despacho 16	13,40
Despacho 2	11,27	Despacho 17	26,35
Despacho 3	16,61	Despacho 18	16,61
Despacho 4	17,31	Despacho 19	28,34
Despacho 5	22,49	Despacho 20	10,68
Despacho 6	11,27	Despacho 21	11,27
Despacho 7	27,68	Despacho 22	11,05
Despacho 8	16,88	Despacho 23	11,27
Despacho 9	16,88	Despacho 24	22,70
Despacho 10	11,41	Despacho 25	16,88
Despacho 11	22,45	Despacho 26	22,70
Despacho 12	22,45	Despacho 27	11,05
Despacho 13	28,34	Despacho 28	11,27
Despacho 14	10,71	Archivo 1	26,24
Despacho 15	11,27	Archivo 2	11,57
Sala de descanso 1	5,85	Sala de descanso 7	14,01
Sala de descanso 2	5,85	Sala de descanso 8	5,85
Sala de descanso 3	19,85	Sala de descanso 9	5,85
Sala de descanso 4	19,85	Sala de reuniones 7	22,87
Sala de descanso 5	5,85	Sala de reuniones 8	30,68
Sala de descanso 6	5,85	Sala de reuniones 9	22,70
Sala de reuniones 1	22,23	Sala de espera 1	16,89

Sala de reuniones 2	14,40	Sala de espera 2	30,93
Sala de reuniones 3	24,77	Sala de espera 3	18,60
Sala de reuniones 4	24,77	Sala de espera 4	22,70
Sala de reuniones 5	14,40	Sala de espera 5	41,49
Sala de reuniones 6	26,24	Sala de espera 6	21,54
Vestíbulo 1	33,89	Sala comité ejecutivo	75,10
<b>Total útil edificio A</b>	<b>1727,24 m²</b>	Sala comité operativo	60,53
		Sala de consejo	101,15
		Cabina traducción	21,00
		Recepción	126,23
		Cocina 1	18,38
		Cocina 2	18,99
		Office	12,09
		Comedor 1	58,93
		Comedor 2	21,42
		Comedor 3	20,74
		Comedor 4	21,55
		Aseo	7,18
		Aseo señoras	6,52
		Aseo caballeros	12,53
		Cuarto limpieza	3,22
		Secretaria del presidente	30,48
		Presidente	63,22
		Distribuidor	109,70
		Seguridad	14,86
		Racks	3,92
		Vicep/Consejo delegado	63,35
		Secret/Vicep/Consej.deleg	30,33
		Vestíbulo 2	4,68
		<b>Total útil edificio B</b>	<b>1656,56 m²</b>

**Total útil Planta Sexta: 3383,80 m²**

Tabla 40. Superficies de la planta sexta



## 2.3.2 Fichas justificativas de la opción simplificada

### 2.3.2.1 Cálculo de los parámetros característicos medios

Ficha 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA D3					
MUROS ( $U_{Mm}$ ) y ( $U_{Tm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
N	A4	1045,404	0,343	358,573572	$\Sigma A = 3610,776$
	B4	1045,404	0,343	358,573572	$\Sigma A \cdot U = 1238,49617$
	A9	328,304	0,343	112,608272	
	B9	328,304	0,343	112,608272	
	B10	863,36	0,343	296,13248	$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,343$
E	A2	1571,088	0,343	538,883184	$\Sigma A = 3515,636$
	B3	1014,164	0,343	347,858252	$\Sigma A \cdot U = 1205,86315$
	A5	232,596	0,343	79,780428	
	A7	232,596	0,343	79,780428	
	B11	465,192	0,343	159,560856	$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,343$
O	A3	1014,164	0,343	347,858252	$\Sigma A = 4777,164$
	B2	1571,088	0,343	538,883184	$\Sigma A \cdot U = 1638,56725$
	B5	232,596	0,343	79,780428	
	B8	232,596	0,343	79,780428	
	A10	863,36	0,343	296,13248	
	A11	863,36	0,343	296,13248	$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,343$
SE	A1	1707,976	0,343	585,835768	$\Sigma A = 4072,56$
	B1	1707,976	0,343	585,835768	$\Sigma A \cdot U = 1396,88808$
	A6	164,152	0,343	56,304136	
	A8	164,152	0,343	56,304136	
	B6	164,152	0,343	56,304136	
	B8	164,152	0,343	56,304136	$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,343$

SUELOS ( $U_{sm}$ )				
Tipos	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
Suelo sobre local no climatizado	3800,7742	0,486	1847,17626	$\Sigma A = 3800,7742$ $\Sigma A \cdot U = 1847,17626$ $U_{sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,486$

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U <sub>cm</sub> )				
Tipos	A (m²)	U (W/m² °K)	A·U (W/°K)	Resultados
Cubierta	3800,7742	2,104	7996,82892	ΣA= 3800,7742
				ΣA·U= 7996,82892
				U <sub>cm</sub> =ΣA·U/ΣA= 2,104
ZONA CLIMÁTICA		D3		

HUECOS ( $U_{hm}$ )					
Tipos		A ( $m^2$ )	U ( $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ )	A·U ( $W/^\circ K$ )	Resultados
N	A4	549,9	2,246	1235,0754	$\Sigma A =$ 1099,8
	B4	549,9	2,246	1235,0754	$\Sigma A \cdot U =$ 2470,1508
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 2,246
E	A2	824,85	2,246	1852,6131	$\Sigma A =$ 1374,75
	B3	549,9	2,246	1235,0754	$\Sigma A \cdot U =$ 3087,6885
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 2,246
O	A3	549,9	2,246	1235,0754	$\Sigma A =$ 1374,75
	B2	824,85	2,246	1852,6131	$\Sigma A \cdot U =$ 3087,6885
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 2,246
SE	A1	824,85	2,246	1852,6131	$\Sigma A =$ 1649,7
	B1	824,85	2,246	1852,6131	$\Sigma A \cdot U =$ 3705,2262
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 2,246

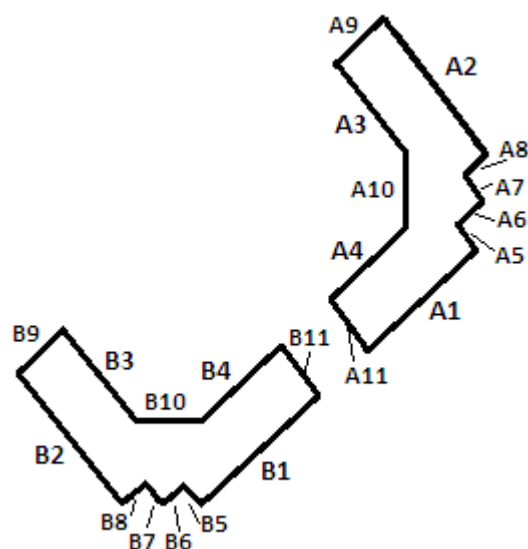


Tabla 41. Ficha justificativa de la opción simplificada. Cálculo de los parámetros característicos medios

### 2.3.2.2 Conformidad con la demanda energética

#### Ficha 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

<b>ZONA CLIMÁTICA</b>	D3
-----------------------	----

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{\max(\text{proyecto})}$	$U_{\max}$
Muros de fachada	0,343 ≤	0,86
Suelos	0,486 ≤	0,49
Cubiertas	0,347 ≤	0,64
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios	2,246 ≤	3,5

MUROS DE FACHADA		
	$U_{Mm}$	$U_{Mlim}$
N	0,343	≤ 0,66
E	0,343	
O	0,343	
SE	0,343	

HUECOS		
	$U_{Hm}$	$U_{Hlim}$
	2,246 ≤	2,5
	2,246	≤ 2,9
	2,246	
	2,246 ≤	3,5

SUELOS		
	$U_{Sm}$	$U_{Slim}$
	0,486 ≤	0,49

CUBIERTAS		
	$U_{Cm}$	$U_{Clim}$
	0,347 ≤	0,38

Tabla 42. Ficha justificativa de la opción simplificada. Conformidad con la demanda energética

## 2.3.3 Hojas de cálculo de cargas térmicas

### 2.3.3.1 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la planta baja del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA BAJA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.486,58	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Suelo	1.900,387	0,486	10	9.235,881	9,236
Total Transmisión con el ambiente exterior					38,255
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,364	1000	25,7	35.063,797	35,064
Total Renovación del aire					35,064
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,341	1000	25,7	8.765,949	8,766
Total Infiltraciones					8,766
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	212	100		21.200,000	21,200
Total Calor sensible interno					21,200
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	12	250	-	3.000,000	3,000
Fotocopiadora	1	300	-	300,000	0,300
Ascensores	2	6.800	-	13.600,000	13,600
Iluminación baja	-	10	677,20	6.772,000	6,772
Iluminación media	-	15	809,38	12.140,700	12,141
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					25,069
E					
TOTAL PLANTA BAJA - EDIFICIO A - CALEFACCIÓN (KW) (A + B + C - D - E)					35,815

Tabla 43. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la planta baja del edificio A

### 2.3.3.2 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la planta baja del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA BAJA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.631,28	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Suelo	1.900,387	0,486	10	9.235,881	9,236
Total Transmisión con el ambiente exterior					38,255
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,497	1000	25,7	38.476,820	38,477
Total Renovación del aire					38,477
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,374	1000	25,7	9.619,205	9,619
Total Infiltraciones					9,619
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	233	100		23.300,000	23,300
Total Calor sensible interno					23,300
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	15	250	-	3.750,000	3,750
Ascensores	2	6.800	-	13.600,000	13,600
Iluminación baja	-	10	550,70	5.507,000	5,507
Iluminación media	-	15	1.080,58	16.208,700	16,209
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					27,346
E					
TOTAL PLANTA BAJA - EDIFICIO B - CALEFACCIÓN (KW) (A + B + C - D - E)					35,705

Tabla 44. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la planta baja del edificio B

### 2.3.3.3 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la planta baja del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA BAJA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.486,58	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Suelo	1.900,387	0,486	10	9.235,881	9,236
Total Transmisión con el ambiente exterior					21,656
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,364	1000	11	15.007,851	15,008
Total Renovación del aire					15,008
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,341	1000	11	3.751,963	3,752
Total Infiltraciones					3,752
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	212	100		21.200,000	21,200
Total Calor sensible interno					21,200
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	12	250	-	3.000,000	3,000
Fotocopiadora	1	300	-	300,000	0,300
Ascensores	2	6.800	-	13.600,000	13,600
Iluminación baja	-	10	677,20	6.772,000	6,772
Iluminación media	-	15	809,38	12.140,700	12,141
Coeficiente de simultaneidad				0,700	
Total Calor Interno					25,069
E					
TOTAL PLANTA BAJA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					86,685

Tabla 45. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la planta baja del edificio A

### 2.3.3.4 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la planta baja del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA BAJA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.631,28	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Suelo	1.900,387	0,486	10	9.235,881	9,236
Total Transmisión con el ambiente exterior					21,656
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,497	1000	11	16.468,678	16,469
Total Renovación del aire					16,469
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,374	1000	11	4.117,169	4,117
Total Infiltraciones					4,117
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	233	100		23.300,000	23,300
Total Calor sensible interno					23,300
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	15	250	-	3.750,000	3,750
Ascensores	2	6.800	-	13.600,000	13,600
Iluminación baja	-	10	550,70	5.507,000	5,507
Iluminación media	-	15	1.080,58	16.208,700	16,209
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					27,346
E					
TOTAL PLANTA BAJA - EDIFICIO B - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					92,888

Tabla 46. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la planta baja del edificio B

### 2.3.3.5 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la primera planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA PRIMERA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.623,75	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,490	1000	25,7	38.299,211	38,299
Total Renovación del aire					38,299
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,373	1000	25,7	9.574,803	9,575
Total Infiltraciones					9,575
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	232	100		23.200,000	23,200
Total Calor sensible interno					23,200
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	3	250	-	750,000	0,750
Iluminación baja	-	10	128,55	1.285,500	1,286
Iluminación media	-	15	1.495,20	22.428,000	22,428
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					17,124
E					
TOTAL PLANTA PRIMERA - EDIFICIO A - CALEFACCIÓN (KW) (A + B + C - D - E)					36,568

Tabla 47. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la primera planta del edificio A



### 2.3.3.6 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la primera planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA PRIMERA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.614,69	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,482	1000	25,7	38.085,514	38,086
Total Renovación del aire					38,086
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,370	1000	25,7	9.521,378	9,521
Total Infiltraciones					9,521
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	230	100		23.000,000	23,000
Total Calor sensible interno					23,000
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	21	250	-	5.250,000	5,250
Iluminación baja	-	10	149,56	1.495,600	1,496
Iluminación media	-	15	1.465,13	21.976,950	21,977
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					20,106
E					
TOTAL PLANTA PRIMERA - EDIFICIO B - CALEFACCIÓN (KW)					33,520
(A + B + C - D - E)					

Tabla 48. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la primera planta del edificio B

### 2.3.3.7 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la primera planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA PRIMERA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.623,75	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,490	1000	11	16.392,658	16,393
Total Renovación del aire					16,393
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,373	1000	11	4.098,165	4,098
Total Infiltraciones					4,098
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	232	100		23.200,000	23,200
Total Calor sensible interno					23,200
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	3	250	-	750,000	0,750
Iluminación baja	-	10	128,55	1.285,500	1,286
Iluminación media	-	15	1.495,20	22.428,000	22,428
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					17,124
E					
TOTAL PLANTA PRIMERA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					73,236

Tabla 49. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la primera planta del edificio A

### 2.3.3.8 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la primera planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA PRIMERA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.614,69	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,482	1000	11	16.301,193	16,301
Total Renovación del aire					16,301
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,370	1000	11	4.075,298	4,075
Total Infiltraciones					4,075
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	230	100		23.000,000	23,000
Total Calor sensible interno					23,000
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	21	250	-	5.250,000	5,250
Iluminación baja	-	10	149,56	1.495,600	1,496
Iluminación media	-	15	1.465,13	21.976,950	21,977
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					20,106
E					
TOTAL PLANTA PRIMERA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					75,903

Tabla 50. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la primera planta del edificio B

### 2.3.3.9 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la segunda planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA SEGUNDA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.740,64	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,598	1000	25,7	41.056,282	41,056
Total Renovación del aire					41,056
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,399	1000	25,7	10.264,071	10,264
Total Infiltraciones					10,264
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	249	100		24.900,000	24,900
Total Calor sensible interno					24,900
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	9	250	-	2.250,000	2,250
Iluminación baja	-	10	96,85	968,500	0,969
Iluminación media	-	15	1.643,79	24.656,850	24,657
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,513
E					
TOTAL PLANTA SEGUNDA - EDIFICIO A - CALEFACCIÓN (KW)					35,926
(A + B + C - D - E)					

Tabla 51. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la segunda planta del edificio A

### 2.3.3.10 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la segunda planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA SEGUNDA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.721,50	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,580	1000	25,7	40.604,829	40,605
Total Renovación del aire					40,605
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,395	1000	25,7	10.151,207	10,151
Total Infiltraciones					10,151
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	246	100		24.600,000	24,600
Total Calor sensible interno					24,600
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	9	250	-	2.250,000	2,250
Iluminación baja	-	10	120,59	1.205,900	1,206
Iluminación media	-	15	1.600,91	24.013,650	24,014
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,229
E					
TOTAL PLANTA SEGUNDA - EDIFICIO B - CALEFACCIÓN (KW)					35,946
(A + B + C - D - E)					

Tabla 52. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la segunda planta del edificio B

### 2.3.3.11 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la segunda planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA SEGUNDA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.740,64	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,598	1000	11	17.572,728	17,573
Total Renovación del aire					17,573
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,399	1000	11	4.393,182	4,393
Total Infiltraciones					4,393
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	249	100		24.900,000	24,900
Total Calor sensible interno					24,900
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	9	250	-	2.250,000	2,250
Iluminación baja	-	10	96,85	968,500	0,969
Iluminación media	-	15	1.643,79	24.656,850	24,657
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,513
E					
TOTAL PLANTA SEGUNDA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					78,799

Tabla 53. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la segunda planta del edificio A

### 2.3.3.12 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la segunda planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA SEGUNDA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.721,50	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,580	1000	11	17.379,499	17,379
Total Renovación del aire					17,379
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,395	1000	11	4.344,875	4,345
Total Infiltraciones					4,345
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	246	100		24.600,000	24,600
Total Calor sensible interno					24,600
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	9	250	-	2.250,000	2,250
Iluminación baja	-	10	120,59	1.205,900	1,206
Iluminación media	-	15	1.600,91	24.013,650	24,014
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,229
E					
TOTAL PLANTA SEGUNDA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					77,974

Tabla 54. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la segunda planta del edificio B

### 2.3.3.13 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la tercera planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA TERCERA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.736,18	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,593	1000	25,7	40.951,085	40,951
Total Renovación del aire					40,951
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,398	1000	25,7	10.237,771	10,238
Total Infiltraciones					10,238
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	248	100		24.800,000	24,800
Total Calor sensible interno					24,800
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	7	250	-	1.750,000	1,750
Iluminación baja	-	10	120,61	1.206,100	1,206
Iluminación media	-	15	1.615,57	24.233,550	24,234
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,033
E					
TOTAL PLANTA TERCERA - EDIFICIO A - CALEFACCIÓN (KW)					36,375
(A + B + C - D - E)					

Tabla 55. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la tercera planta del edificio A



### 2.3.3.14 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la tercera planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA TERCERA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.736,84	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,594	1000	25,7	40.966,652	40,967
Total Renovación del aire					40,967
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,399	1000	25,7	10.241,663	10,242
Total Infiltraciones					10,242
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	248	100		24.800,000	24,800
Total Calor sensible interno					24,800
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	12	250	-	3.000,000	3,000
Iluminación baja	-	10	96,85	968,500	0,969
Iluminación media	-	15	1.639,99	24.599,850	24,600
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,998
E					
TOTAL PLANTA TERCERA - EDIFICIO B - CALEFACCIÓN (KW)					35,429
(A + B + C - D - E)					

Tabla 56. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la tercera planta del edificio B

### 2.3.3.15 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la tercera planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA TERCERA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.736,18	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,593	1000	11	17.527,702	17,528
Total Renovación del aire					17,528
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,398	1000	11	4.381,925	4,382
Total Infiltraciones					4,382
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	248	100		24.800,000	24,800
Total Calor sensible interno					24,800
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	7	250	-	1.750,000	1,750
Iluminación baja	-	10	120,61	1.206,100	1,206
Iluminación media	-	15	1.615,57	24.233,550	24,234
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,033
E					
TOTAL PLANTA TERCERA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					78,163

Tabla 57. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la tercera planta del edificio A

### 2.3.3.16 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la tercera planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA TERCERA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.736,84	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,594	1000	11	17.534,365	17,534
Total Renovación del aire					17,534
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,399	1000	11	4.383,591	4,384
Total Infiltraciones					4,384
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	248	100		24.800,000	24,800
Total Calor sensible interno					24,800
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	12	250	-	3.000,000	3,000
Iluminación baja	-	10	96,85	968,500	0,969
Iluminación media	-	15	1.639,99	24.599,850	24,600
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,998
E					
TOTAL PLANTA TERCERA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					79,136

Tabla 58. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la tercera planta del edificio B

### 2.3.3.17 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la cuarta planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA CUARTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.732,99	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,590	1000	25,7	40.875,843	40,876
Total Renovación del aire					40,876
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,398	1000	25,7	10.218,961	10,219
Total Infiltraciones					10,219
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	247	100		24.700,000	24,700
Total Calor sensible interno					24,700
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	12	250	-	3.000,000	3,000
Iluminación baja	-	10	120,59	1.205,900	1,206
Iluminación media	-	15	1.612,40	24.186,000	24,186
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,874
E					
TOTAL PLANTA CUARTA - EDIFICIO A - CALEFACCIÓN (KW)					35,539
(A + B + C - D - E)					

Tabla 59. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la cuarta planta del edificio A

### 2.3.3.18 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la cuarta planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA CUARTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.687,35	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,549	1000	25,7	39.799,337	39,799
Total Renovación del aire					39,799
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,387	1000	25,7	9.949,834	9,950
Total Infiltraciones					9,950
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	241	100		24.100,000	24,100
Total Calor sensible interno					24,100
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	7	250	-	1.750,000	1,750
Iluminación baja	-	10	120,59	1.205,900	1,206
Iluminación media	-	15	1.566,76	23.501,400	23,501
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					18,520
E					
TOTAL PLANTA CUARTA - EDIFICIO B - CALEFACCIÓN (KW)					36,148
(A + B + C - D - E)					

Tabla 60. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la cuarta planta del edificio B

### 2.3.3.19 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la cuarta planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA CUARTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.732,99	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,590	1000	11	17.495,497	17,495
Total Renovación del aire					17,495
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,398	1000	11	4.373,874	4,374
Total Infiltraciones					4,374
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	247	100		24.700,000	24,700
Total Calor sensible interno					24,700
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	12	250	-	3.000,000	3,000
Iluminación baja	-	10	120,59	1.205,900	1,206
Iluminación media	-	15	1.612,40	24.186,000	24,186
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,874
E					
TOTAL PLANTA CUARTA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW)					78,864
(A + B + C + D + E)					

Tabla 61. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la cuarta planta del edificio A

### 2.3.3.20 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la cuarta planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA CUARTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.687,35	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,549	1000	11	17.034,736	17,035
Total Renovación del aire					17,035
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,387	1000	11	4.258,684	4,259
Total Infiltraciones					4,259
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	241	100		24.100,000	24,100
Total Calor sensible interno					24,100
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	7	250	-	1.750,000	1,750
Iluminación baja	-	10	120,59	1.205,900	1,206
Iluminación media	-	15	1.566,76	23.501,400	23,501
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					18,520
E					
TOTAL PLANTA CUARTA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					76,334

Tabla 62. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la cuarta planta del edificio B

### 2.3.3.21 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la quinta planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA QUINTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.719,77	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,578	1000	25,7	40.564,024	40,564
Total Renovación del aire					40,564
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,395	1000	25,7	10.141,006	10,141
Total Infiltraciones					10,141
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	246	100		24.600,000	24,600
Total Calor sensible interno					24,600
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	11	250	-	2.750,000	2,750
Iluminación baja	-	10	87,87	878,700	0,879
Iluminación media	-	15	1.631,90	24.478,500	24,479
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,675
E					
TOTAL PLANTA QUINTA - EDIFICIO A - CALEFACCIÓN (KW)					35,449
(A + B + C - D - E)					

Tabla 63. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la quinta planta del edificio A



### 2.3.3.22 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la quinta planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA QUINTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.707,49	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					29,019
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,567	1000	25,7	40.274,377	40,274
Total Renovación del aire					40,274
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,392	1000	25,7	10.068,594	10,069
Total Infiltraciones					10,069
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	244	100		24.400,000	24,400
Total Calor sensible interno					24,400
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	7	250	-	1.750,000	1,750
Iluminación baja	-	10	87,87	878,700	0,879
Iluminación media	-	15	1.619,62	24.294,300	24,294
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					18,846
E					
TOTAL PLANTA QUINTA - EDIFICIO B - CALEFACCIÓN (KW)					36,116
(A + B + C - D - E)					

Tabla 64. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la quinta planta del edificio B

### 2.3.3.23 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la quinta planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA QUINTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.719,77	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,578	1000	11	17.362,034	17,362
Total Renovación del aire					17,362
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,395	1000	11	4.340,508	4,341
Total Infiltraciones					4,341
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	246	100		24.600,000	24,600
Total Calor sensible interno					24,600
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	11	250	-	2.750,000	2,750
Iluminación baja	-	10	87,87	878,700	0,879
Iluminación media	-	15	1.631,90	24.478,500	24,479
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					19,675
E					
TOTAL PLANTA QUINTA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					78,398

Tabla 65. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la quinta planta del edificio A

### 2.3.3.24 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la quinta planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA QUINTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.707,49	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					12,420
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,567	1000	11	17.238,060	17,238
Total Renovación del aire					17,238
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,392	1000	11	4.309,515	4,310
Total Infiltraciones					4,310
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	244	100		24.400,000	24,400
Total Calor sensible interno					24,400
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	7	250	-	1.750,000	1,750
Iluminación baja	-	10	87,87	878,700	0,879
Iluminación media	-	15	1.619,62	24.294,300	24,294
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					18,846
E					
TOTAL PLANTA QUINTA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					77,214

Tabla 66. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la quinta planta del edificio B

### 2.3.3.25 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la sexta planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA SEXTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.727,24	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Cubierta	1.900,387	0,347	25,7	16.947,461	16,947
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					45,966
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,585	1000	25,7	40.740,218	40,740
Total Renovación del aire					40,740
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,396	1000	25,7	10.185,054	10,185
Total Infiltraciones					10,185
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	247	100		24.700,000	24,700
Total Calor sensible interno					24,700
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	15	250	-	3.750,000	3,750
Iluminación baja	-	10	96,99	969,900	0,970
Iluminación media	-	15	1.630,25	24.453,750	24,454
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					20,422
TOTAL PLANTA SEXTA - EDIFICIO A - CALEFACCIÓN (KW) (A + B + C - D - E)					51,770

Tabla 67. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la sexta planta del edificio A

### 2.3.3.26 Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la sexta planta del edificio B

CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA SEXTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
22	-3,7	25,7	1.656,56	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	25,7	6.346,220	6,346
Cubierta	1.900,387	0,347	25,7	16.947,461	16,947
Ventanas	392,786	2,246	25,7	22.672,472	22,672
Total Transmisión con el ambiente exterior					45,966
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,520	1000	25,7	39.073,097	39,073
Total Renovación del aire					39,073
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,380	1000	25,7	9.768,274	9,768
Total Infiltraciones					9,768
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	237	100		23.700,000	23,700
Total Calor sensible interno					23,700
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	18	250	-	4.500,000	4,500
Comedor-cocina	1	5.000	-	5.000,000	5,000
Iluminación baja	-	10	485,73	4.857,300	4,857
Iluminación media	-	15	1.170,83	17.562,450	17,562
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					22,344
TOTAL PLANTA SEXTA - EDIFICIO B - CALEFACCIÓN (KW)					48,764
(A + B + C - D - E)					

Tabla 68. Hoja de cálculo de cargas térmicas para calefacción en invierno de la sexta planta del edificio B

### 2.3.3.27 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la sexta planta del edificio A

CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO A - PLANTA SEXTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.727,24	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Cubierta	1.900,387	0,347	11	7.253,777	7,254
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					19,674
A					
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,585	1000	11	17.437,447	17,437
Total Renovación del aire					17,437
B					
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,396	1000	11	4.359,362	4,359
Total Infiltraciones					4,359
C					
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	247	100		24.700,000	24,700
Total Calor sensible interno					24,700
D					
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	15	250	-	3.750,000	3,750
Iluminación baja	-	10	96,99	969,900	0,970
Iluminación media	-	15	1.630,25	24.453,750	24,454
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					20,422
E					
TOTAL PLANTA SEXTA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					86,593

Tabla 69. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la sexta planta del edificio A

### 2.3.3.28 Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la sexta planta del edificio B

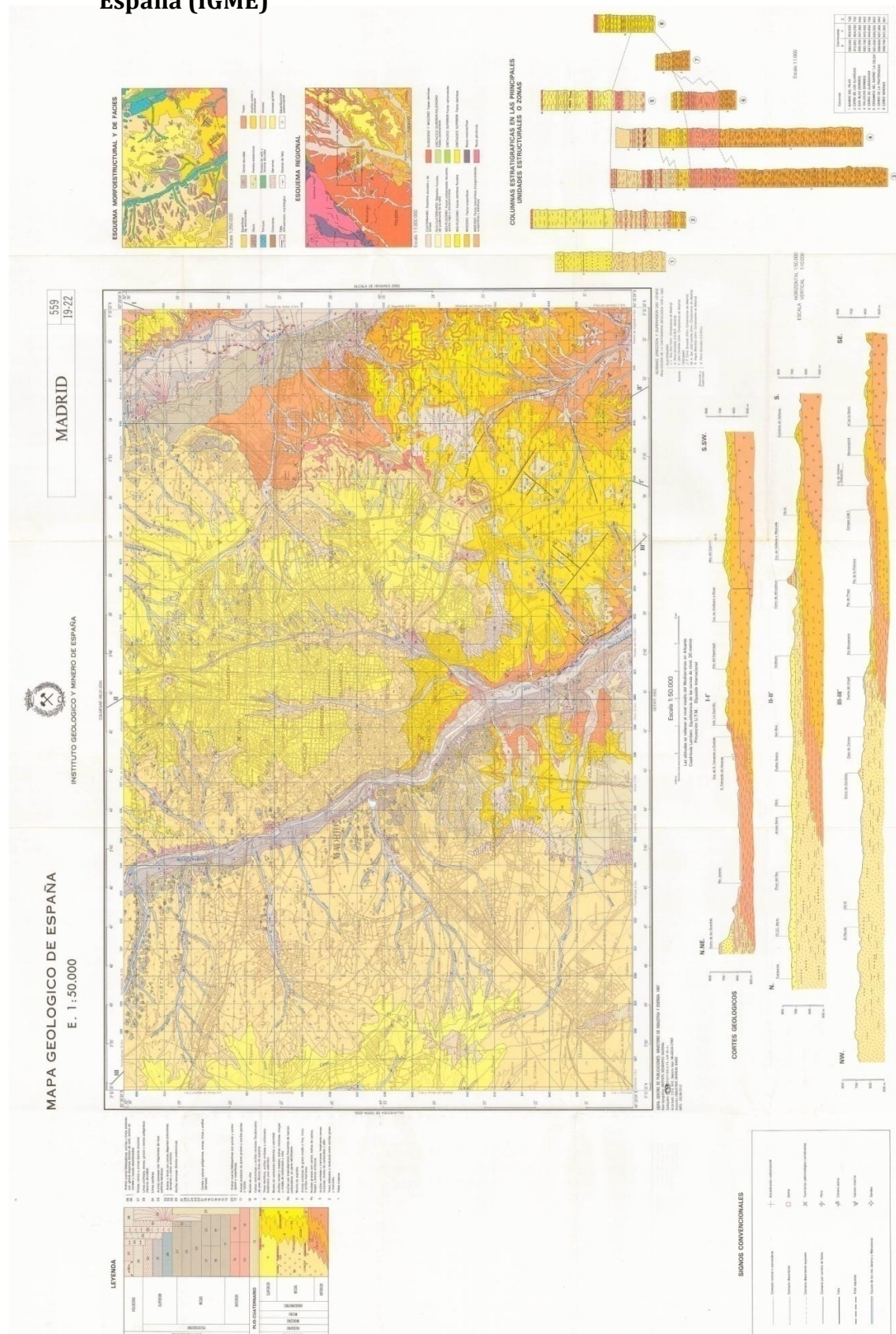
CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			EDIFICIO B - PLANTA SEXTA		
Temperatura interior, $T_i$ (°C)	Temperatura exterior, $T_s$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Superficie total útil (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	
24	35	11	1.656,56	2,8	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie cerramiento (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	719,926	0,343	11	2.716,281	2,716
Cubierta	1.900,387	0,347	11	7.253,777	7,254
Ventanas	392,786	2,246	11	9.704,171	9,704
Total Transmisión con el ambiente exterior					19,674
Renovación del aire	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación cada hora	1,520	1000	11	16.723,894	16,724
Total Renovación del aire					16,724
Infiltraciones	Caudal volumétrico del aire (kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg·K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,380	1000	11	4.180,973	4,181
Total Infiltraciones					4,181
Calor interno	nº personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	237	100		23.700,000	23,700
Total Calor sensible interno					23,700
Equipos e iluminación	nº aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	18	250	-	4.500,000	4,500
Comedor-cocina	1	5.000	-	5.000,000	5,000
Iluminación baja	-	10	485,73	4.857,300	4,857
Iluminación media	-	15	1.170,83	17.562,450	17,562
Coeficiente de simultaneidad					0,700
Total Calor Interno					22,344
TOTAL PLANTA SEXTA - EDIFICIO A - REFRIGERACIÓN (KW) (A + B + C + D + E)					86,623

Tabla 70. Hoja de cálculo de cargas térmicas para refrigeración en verano de la sexta planta del edificio B



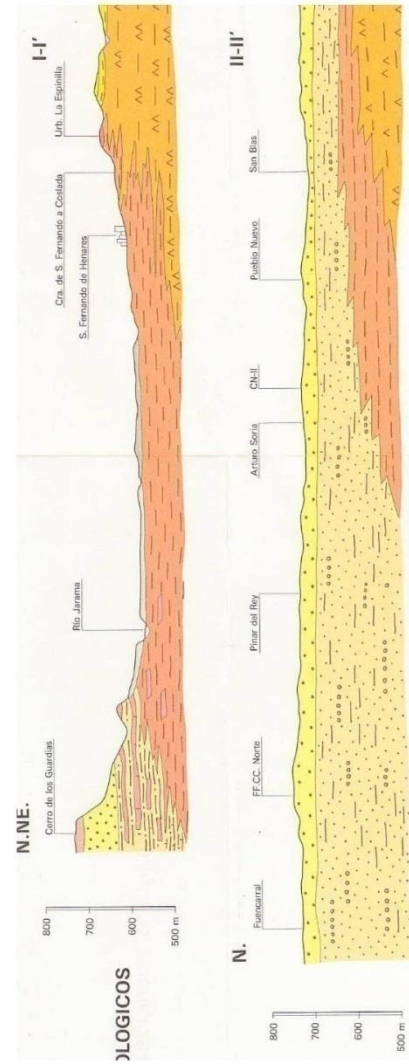
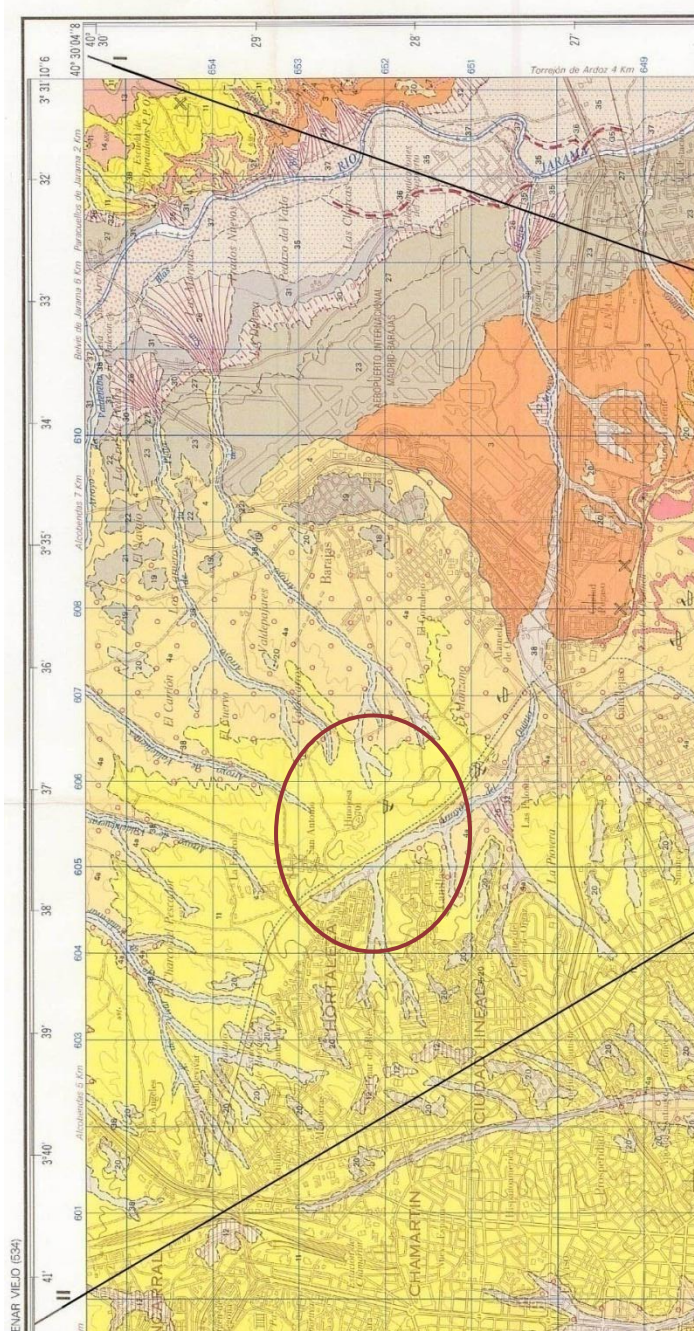
## 2.3.4 Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

### 2.3.4.1 Hoja Magna nº559 de Madrid del Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

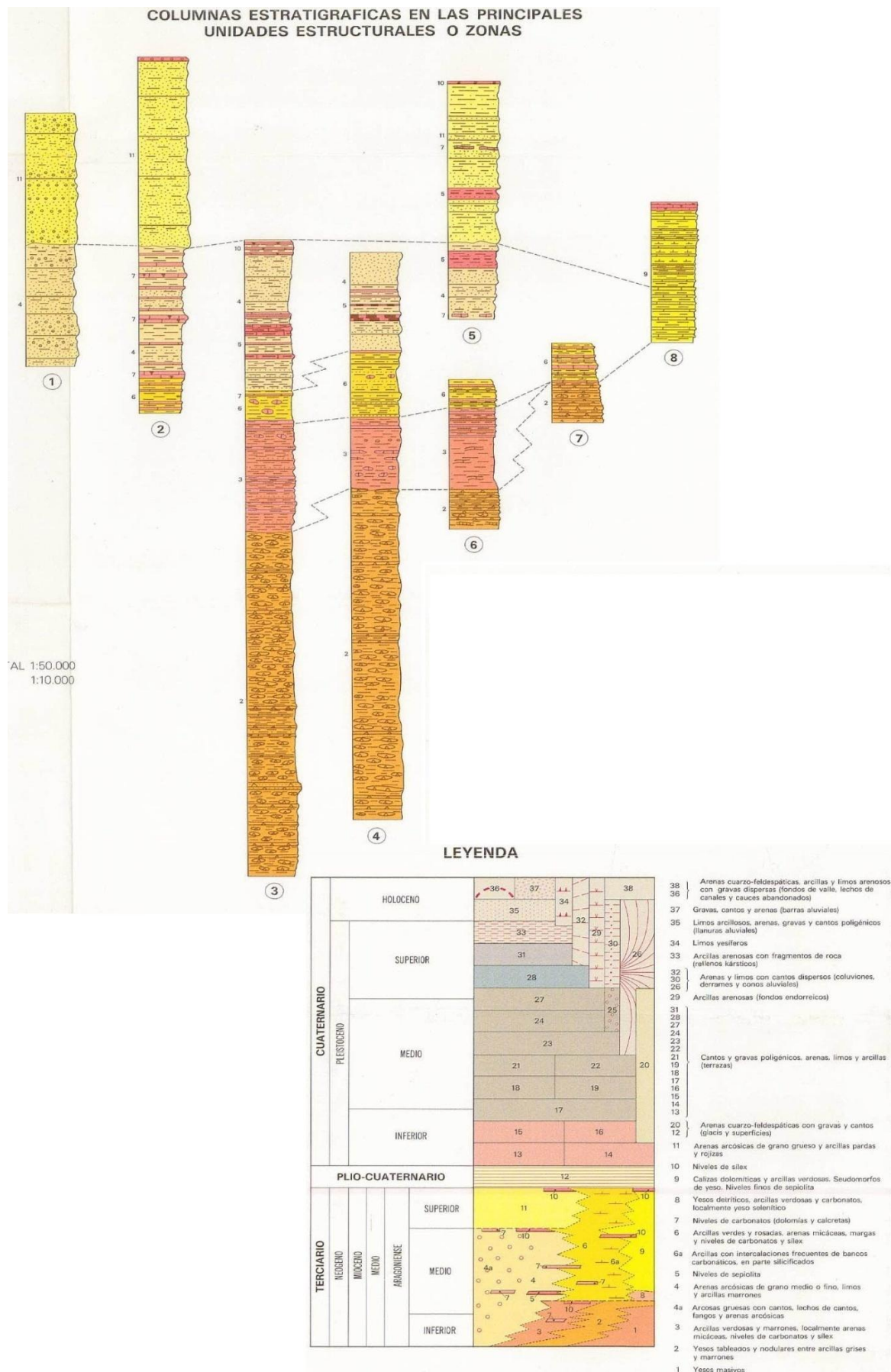




### 2.3.4.2 Detalle de situación del edificio del proyecto en la hoja Magna nº559 del IGME



### 2.3.4.3 Columnas de muestreo de la zona de situación del edificio





## 2.3.5 Cálculo del factor de utilización

### 2.3.5.1 Modo calefacción de invierno

Mes	Tmed	Rango T (°C)	Text media	Bin Hours	Carga edificio (KW)	Potencia Bomba de calor (KW)	Fracción marcha	Horas marcha
Diciembre	6,4	(-3,9) - (-3)	-3,5	0	522,465	527,849	0,990	0,000
		(-2,9) - (-2)	-2,5	0	495,675	527,849	0,939	0,000
		(-1,9) - (-1)	-1,5	0	468,885	527,849	0,888	0,000
		(-0,9) - (0)	-0,5	1	442,095	527,849	0,838	0,838
		0 - 0,9	0,5	4	415,305	527,849	0,787	3,147
		1 - 1,9	1,5	8	388,515	527,849	0,736	5,888
		2 - 2,9	2,5	20	361,725	527,849	0,685	13,706
		3 - 3,9	3,5	65	334,935	527,849	0,635	41,244
		4 - 4,9	4,5	77	308,145	527,849	0,584	44,951
		5 - 5,9	5,5	80	281,355	527,849	0,533	42,642
		6 - 6,9	6,5	82	254,565	527,849	0,482	39,546
		7 - 7,9	7,5	75	227,775	527,849	0,432	32,364
		8 - 8,9	8,5	70	200,985	527,849	0,381	26,653
		9 - 9,9	9,5	61	174,195	527,849	0,330	20,131
		10 - 10,9	10,5	53	147,405	527,849	0,279	14,801
		11 - 11,9	11,5	42	120,615	527,849	0,229	9,597
		12 - 12,9	12,5	24	93,825	527,849	0,178	4,266
		13 - 13,9	13,5	15	67,035	527,849	0,127	1,905
Enero	5,4	(-3,9) - (-3)	-3,5	0	522,465	527,849	0,990	0,000
		(-2,9) - (-2)	-2,5	0	495,675	527,849	0,939	0,000
		(-1,9) - (-1)	-1,5	2	468,885	527,849	0,888	1,777
		(-0,9) - (0)	-0,5	4	442,095	527,849	0,838	3,350
		0 - 0,9	0,5	7	415,305	527,849	0,787	5,508
		1 - 1,9	1,5	21	388,515	527,849	0,736	15,457
		2 - 2,9	2,5	43	361,725	527,849	0,685	29,467
		3 - 3,9	3,5	69	334,935	527,849	0,635	43,782
		4 - 4,9	4,5	78	308,145	527,849	0,584	45,534
		5 - 5,9	5,5	84	281,355	527,849	0,533	44,774
		6 - 6,9	6,5	76	254,565	527,849	0,482	36,652
		7 - 7,9	7,5	68	227,775	527,849	0,432	29,343
		8 - 8,9	8,5	61	200,985	527,849	0,381	23,227
		9 - 9,9	9,5	50	174,195	527,849	0,330	16,500
		10 - 10,9	10,5	44	147,405	527,849	0,279	12,287
		11 - 11,9	11,5	32	120,615	527,849	0,229	7,312
		12 - 12,9	12,5	19	93,825	527,849	0,178	3,377
		13 - 13,9	13,5	15	67,035	527,849	0,127	1,905

<b>Febrero</b>	<b>7,2</b>	(-3,9) - (-3)	-3,5	0	522,465	527,849	0,990	0,000
		(-2,9) - (-2)	-2,5	0	495,675	527,849	0,939	0,000
		(-1,9) - (-1)	-1,5	0	468,885	527,849	0,888	0,000
		(-0,9) - (0)	-0,5	1	442,095	527,849	0,838	0,838
		0 - 0,9	0,5	2	415,305	527,849	0,787	1,574
		1 - 1,9	1,5	4	388,515	527,849	0,736	2,944
		2 - 2,9	2,5	7	361,725	527,849	0,685	4,797
		3 - 3,9	3,5	15	334,935	527,849	0,635	9,518
		4 - 4,9	4,5	43	308,145	527,849	0,584	25,102
		5 - 5,9	5,5	65	281,355	527,849	0,533	34,646
		6 - 6,9	6,5	81	254,565	527,849	0,482	39,064
		7 - 7,9	7,5	82	227,775	527,849	0,432	35,384
		8 - 8,9	8,5	77	200,985	527,849	0,381	29,319
		9 - 9,9	9,5	68	174,195	527,849	0,330	22,441
		10 - 10,9	10,5	63	147,405	527,849	0,279	17,593
		11 - 11,9	11,5	54	120,615	527,849	0,229	12,339
		12 - 12,9	12,5	42	93,825	527,849	0,178	7,465
		13 - 13,9	13,5	25	67,035	527,849	0,127	3,175

<b>Total horas marcha</b>	Diciembre	301,677554
	Enero	320,252752
	Febrero	246,198903
	<b>TOTAL</b>	<b>868,129209</b>

<b>Total horas al mes</b>	Diciembre	744
	Enero	744
	Febrero	672
	<b>TOTAL</b>	<b>2160</b>

Fracción de horas en marcha =  
Total horas en marcha / Total horas al  
mes

**0,402**

Tabla 71. Cálculo del factor de utilización para la bomba de calor en el modo calefacción de invierno

### 2.3.5.2 Modo refrigeración de verano

Mes	Tmed	Rango T (°C)	Text media	Bin Hours	Carga edificio (KW)	Potencia Bomba de calor (KW)	Fracción marcha	Horas marcha
Junio	20,7	21 - 21,9	21,5	20	39,89	1098,479	0,036	0,726
		22 - 22,9	22,5	50	118,35	1098,479	0,108	5,387
		23 - 23,9	23,5	65	196,81	1098,479	0,179	11,646
		24 - 24,9	24,5	85	275,27	1098,479	0,251	21,300
		25 - 25,9	25,5	75	353,73	1098,479	0,322	24,151
		26 - 26,9	26,5	63	432,19	1098,479	0,393	24,787
		27 - 27,9	27,5	52	510,65	1098,479	0,465	24,173
		28 - 28,9	28,5	50	589,11	1098,479	0,536	26,815
		29 - 29,9	29,5	44	667,57	1098,479	0,608	26,740
		30 - 30,9	30,5	35	746,03	1098,479	0,679	23,770
		31 - 31,9	31,5	24	824,49	1098,479	0,751	18,014
		32 - 32,9	32,5	19	902,95	1098,479	0,822	15,618
		33 - 33,9	33,5	12	981,41	1098,479	0,893	10,721
		34 - 34,9	34,5	8	1059,87	1098,479	0,965	7,719
		35 - 35,9	35,5	5	1138,33	1098,479	1,000	5,000
Julio	24,5	21 - 21,9	21,5	65	39,89	1098,479	0,036	2,360
		22 - 22,9	22,5	76	118,35	1098,479	0,108	8,188
		23 - 23,9	23,5	78	196,81	1098,479	0,179	13,975
		24 - 24,9	24,5	91	275,27	1098,479	0,251	22,804
		25 - 25,9	25,5	74	353,73	1098,479	0,322	23,829
		26 - 26,9	26,5	61	432,19	1098,479	0,393	24,000
		27 - 27,9	27,5	53	510,65	1098,479	0,465	24,638
		28 - 28,9	28,5	44	589,11	1098,479	0,536	23,597
		29 - 29,9	29,5	39	667,57	1098,479	0,608	23,701
		30 - 30,9	30,5	35	746,03	1098,479	0,679	23,770
		31 - 31,9	31,5	24	824,49	1098,479	0,751	18,014
		32 - 32,9	32,5	18	902,95	1098,479	0,822	14,796
		33 - 33,9	33,5	15	981,41	1098,479	0,893	13,401
		34 - 34,9	34,5	9	1059,87	1098,479	0,965	8,684
		35 - 35,9	35,5	6	1138,33	1098,479	1,000	6,000
Agosto	24,2	21 - 21,9	21,5	63	39,89	1098,479	0,036	2,288
		22 - 22,9	22,5	74	118,35	1098,479	0,108	7,973
		23 - 23,9	23,5	80	196,81	1098,479	0,179	14,333
		24 - 24,9	24,5	87	275,27	1098,479	0,251	21,802
		25 - 25,9	25,5	75	353,73	1098,479	0,322	24,151
		26 - 26,9	26,5	63	432,19	1098,479	0,393	24,787
		27 - 27,9	27,5	55	510,65	1098,479	0,465	25,568

Septiembre	20,2	28 - 28,9	28,5	45	589,11	1098,479	0,536	24,133
		29 - 29,9	29,5	42	667,57	1098,479	0,608	25,524
		30 - 30,9	30,5	39	746,03	1098,479	0,679	26,487
		31 - 31,9	31,5	24	824,49	1098,479	0,751	18,014
		32 - 32,9	32,5	16	902,95	1098,479	0,822	13,152
		33 - 33,9	33,5	7	981,41	1098,479	0,893	6,254
		34 - 34,9	34,5	6	1059,87	1098,479	0,965	5,789
		35 - 35,9	35,5	4	1138,33	1098,479	1,000	4,000
	20,2	21 - 21,9	21,5	45	39,89	1098,479	0,036	1,634
		22 - 22,9	22,5	63	118,35	1098,479	0,108	6,788
		23 - 23,9	23,5	72	196,81	1098,479	0,179	12,900
		24 - 24,9	24,5	84	275,27	1098,479	0,251	21,050
		25 - 25,9	25,5	76	353,73	1098,479	0,322	24,473
		26 - 26,9	26,5	63	432,19	1098,479	0,393	24,787
		27 - 27,9	27,5	53	510,65	1098,479	0,465	24,638
		28 - 28,9	28,5	49	589,11	1098,479	0,536	26,279
		29 - 29,9	29,5	43	667,57	1098,479	0,608	26,132
		30 - 30,9	30,5	35	746,03	1098,479	0,679	23,770
		31 - 31,9	31,5	20	824,49	1098,479	0,751	15,011
		32 - 32,9	32,5	12	902,95	1098,479	0,822	9,864
		33 - 33,9	33,5	6	981,41	1098,479	0,893	5,361
		34 - 34,9	34,5	5	1059,87	1098,479	0,965	4,824
		35 - 35,9	35,5	2	1138,33	1098,479	1,000	2,000

<b>Total horas marcha</b>	Junio	246,567422
	Julio	251,758198
	Agosto	244,254789
	Septiembre	229,510913
	<b>TOTAL</b>	<b>972,091322</b>

<b>Total horas al mes</b>	Junio	720
	Julio	744
	Agosto	744
	Septiembre	720
	<b>TOTAL</b>	<b>2928</b>

Fracción de horas en marcha =  
Total horas en marcha / Total horas al mes

**0,332**

Tabla 72. Cálculo del factor de utilización para la bomba de calor en el modo refrigeración de verano

## 2.3.6 Especificaciones técnicas de los aparatos elegidos

### 2.3.6.1 Especificaciones técnicas de la bomba de calor escogida

#### TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR BASIC VERSION (VB)

##### General technical specifications

##### Acoustic Version: AB (Basic Version)

The following data refer to an IR and IW unit using R134a refrigerant

Model	280.1	320.1	360.1	420.1	480.1	540.1	600.1	710.2	820.2	950.2	1100.2	1200.2	UM
Cooling capacity <sup>(1)</sup>	282	317	356	412	478	536	592	704	818	935	1066	1167	kW
Total power input <sup>(1)</sup>	59	67	75	86	100	114	125	150	172	200	228	249	kW
EER <sup>(1)</sup>	4.78	4.73	4.75	4.79	4.78	4.70	4.74	4.69	4.75	4.68	4.67	4.69	W/W
Heat capacity <sup>(2)</sup>	299	338	381	435	512	569	634	754	870	1010	1133	1253	kW
Total power input <sup>(2)</sup>	69	79	90	101	121	133	149	179	204	243	265	298	kW
COP <sup>(2)</sup>	4.30	4.25	4.23	4.33	4.25	4.29	4.24	4.20	4.26	4.16	4.27	4.21	W/W

##### Compressor specifications

Type	TWIN-SCREW				-
Quantity	1		2		N°
Capacity control	25-100 %				%
Starting type	PART WINDING	STAR-DELTA	PW	STAR-DELTA	-

##### Evaporator data

Type	SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER												-
Quantity	1												N°
Maximum pressure on wet side	1000												kPa
Total water capacity	115	110	106	165	159	153	270	200	353	343	325	315	l
Water flow rate <sup>(1)</sup>	13.5	15.1	17.0	19.7	22.8	25.6	28.3	33.6	39.1	44.7	50.9	55.8	l/s
Water pressure drop <sup>(1)</sup>	46	37	46	44	55	43	54	52	45	57	59	45	kPa
Water flow rate <sup>(2)</sup>	11.0	12.3	13.9	16.0	18.7	20.9	23.1	27.5	31.8	36.7	41.5	45.6	l/s
Water pressure drop <sup>(2)</sup>	30	25	31	29	37	29	36	35	30	38	39	30	kPa

##### Condenser data

Model	280.1	320.1	360.1	420.1	480.1	540.1	600.1	710.2	820.2	950.2	1100.2	1200.2	UM
Type	SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER												-
Quantity	1						2						N°
Maximum pressure on wet side	1600												kPa
Total water capacity	27	31	34	37	37	53	59	68	74	74	106	118	l
Water flow rate <sup>(1)</sup>	16.3	18.3	20.6	23.8	27.6	31.1	34.3	40.8	47.3	54.2	61.8	67.7	l/s
Water pressure drop <sup>(1)</sup>	29	25	26	28	38	27	25	26	28	38	27	25	kPa
Water flow rate <sup>(2)</sup>	14.3	16.1	18.2	20.8	24.5	27.2	30.3	36.0	41.6	48.3	54.1	59.8	l/s
Water pressure drop <sup>(2)</sup>	22	19	20	21	30	21	20	20	22	30	21	20	kPa

##### Electrical specifications

Electric power supply	400 (±10%) / 3 / 50												V/ph/Hz
FLA - Maximum current input	162	181	211	232	270	309	340	422	464	540	618	680	A
FLI - Maximum power input	99	110	129	144	169	190	209	257	287	339	380	418	kW
MIC - Maximum surge current	520	612	665	436	465	586	650	876	668	735	895	990	A

##### Note:

- (1): **Cooling Mode** The data refer to: Evaporator Water temperature: inlet: 12°C - outlet: 7°C,  
Condenser Water temperature: inlet: 30°C - outlet: 35°C,  
(2): **Heating Mode** The data refer to: Evaporator Water temperature: inlet: 10°C - outlet: 5°C,  
Condenser Water temperature: inlet: 40°C - outlet: 45°C,

##### FOULING FACTORS

The performances supplied with the tables are referred to a fouling factory =  $0.44 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ . For different values of the fouling factory, use the reduction coefficients reported in the following table.

Fouling factory		Evaporator		Condenser / Recuperator	
		F.c. PF	F.c. PA	F.c. PF	F.c. PA
( $\text{m}^2 \text{ K / W}$ )	$0.44 \times 10^{-4}$	1	1	1	1
( $\text{m}^2 \text{ K / W}$ )	$0.86 \times 10^{-4}$	0,98	0,99	0,98	1,025
( $\text{m}^2 \text{ K / W}$ )	$1,72 \times 10^{-4}$	0,93	0,98	0,95	1,06

F.c. PF: Correction Factor for Cooling capacity

F.c. PA: Correction Factor for Power Input

## TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR BASIC VERSION (VB)

Mod. 820.2+1200.2

MOD.	TWE	TWc / TWR - CONDENSER / RECOVERED WATER TEMPERATURE (°C)																	
		30			35			40			45			50			55		
		kWf	kWa	kWt	kWf	kWa	kWt	kWf	kWa	kWt	kWf	kWa	kWt	kWf	kWa	kWt	kWf	kWa	kWt
820.2	5	799	154	946	761	170	923	721	185	896	676	204	870	629	223	840	579	245	812
	6	828	156	976	789	171	951	747	187	925	702	205	897	653	225	867	602	247	837
	7	857	158	1008	818	172	981	775	189	954	729	206	925	679	227	895	626	249	862
	8	887	159	1038	847	174	1013	803	190	983	755	208	953	705	229	922	650	251	889
	9	918	161	1071	876	175	1042	832	192	1014	783	210	983	732	231	951	676	253	917
	10	948	162	1103	906	177	1074	860	194	1044	811	211	1011	757	232	977	701	255	943
	11	979	164	1135	936	178	1105	889	195	1074	838	213	1041	784	234	1006	727	257	970
	12	1006	166	1164	961	180	1132	914	197	1101	863	215	1067	808	236	1031	750	258	995
	13	1033	168	1193	988	181	1160	940	199	1129	888	217	1094	832	238	1058	773	260	1020
	14	1061	170	1223	1015	183	1189	966	200	1157	914	219	1122	857	240	1085	798	261	1046
	15	1090	172	1254	1043	184	1218	994	202	1186	940	221	1150	883	242	1112	823	263	1073
950.2	5	915	177	1083	872	198	1060	827	218	1033	779	243	1010	730	270	986	677	297	959
	6	946	179	1117	903	199	1092	857	220	1065	809	244	1041	758	271	1015	704	299	988
	7	979	181	1151	935	200	1125	888	222	1099	839	245	1072	786	272	1044	731	301	1017
	8	1012	182	1185	968	202	1160	921	223	1132	870	247	1104	816	274	1075	759	303	1046
	9	1046	184	1221	1001	203	1194	952	225	1165	900	248	1136	845	275	1107	787	305	1077
	10	1080	185	1256	1033	204	1227	984	225	1199	931	250	1169	874	276	1137	816	307	1107
	11	1114	187	1291	1067	206	1262	1017	227	1232	963	252	1202	905	279	1170	844	308	1137
	12	1144	188	1322	1096	207	1293	1045	229	1262	990	253	1231	932	281	1198	869	310	1164
	13	1174	189	1354	1125	209	1324	1074	230	1293	1019	255	1261	959	283	1228	895	311	1191
	14	1205	191	1386	1156	211	1356	1104	232	1324	1048	256	1291	988	285	1259	922	313	1219
	15	1238	192	1420	1187	212	1389	1134	233	1356	1078	258	1323	1017	287	1290	949	315	1248
1100.2	5	1041	206	1237	991	222	1202	937	242	1167	881	265	1133	820	293	1098	757	321	1062
	6	1078	208	1276	1028	225	1241	973	245	1205	915	268	1170	853	295	1133	788	324	1095
	7	1118	210	1317	1066	228	1282	1010	248	1245	950	271	1208	888	296	1169	820	327	1131
	8	1157	213	1359	1104	230	1322	1047	251	1285	986	273	1246	922	299	1206	853	330	1167
	9	1197	216	1402	1142	233	1363	1084	252	1324	1023	276	1285	956	302	1243	887	332	1202
	10	1236	219	1444	1181	236	1405	1122	255	1364	1059	279	1324	991	305	1281	921	335	1239
	11	1276	222	1487	1220	239	1447	1160	258	1405	1096	281	1363	1028	307	1319	955	338	1276
	12	1311	225	1525	1254	242	1484	1193	261	1441	1129	283	1398	1060	309	1354	986	341	1309
	13	1347	228	1563	1290	245	1522	1228	264	1479	1163	285	1433	1093	311	1389	1017	344	1344
	14	1384	231	1603	1326	248	1561	1263	267	1517	1197	287	1470	1127	313	1425	1050	347	1379
	15	1421	234	1644	1363	251	1601	1299	270	1556	1233	289	1508	1163	315	1462	1083	350	1416
1200.2	5	1141	225	1355	1088	245	1321	1030	268	1285	970	298	1253	909	328	1221	843	365	1190
	6	1182	227	1397	1127	247	1362	1068	271	1326	1007	300	1292	944	331	1258	876	368	1226
	7	1224	229	1442	1167	249	1404	1108	274	1368	1045	302	1332	979	334	1297	911	371	1263
	8	1267	232	1488	1208	252	1448	1147	276	1409	1083	305	1372	1016	337	1336	945	374	1301
	9	1309	234	1532	1250	254	1491	1187	278	1451	1121	307	1412	1052	339	1374	980	377	1338
	10	1352	236	1577	1292	256	1535	1228	280	1493	1160	309	1454	1089	341	1414	1016	379	1376
	11	1397	238	1623	1334	258	1579	1268	282	1536	1199	311	1494	1127	344	1454	1051	382	1414
	12	1435	240	1663	1371	260	1618	1303	284	1573	1232	313	1529	1160	347	1490	1082	385	1448
	13	1474	242	1704	1409	262	1658	1339	286	1611	1267	315	1566	1194	350	1526	1115	388	1483
	14	1515	244	1747	1447	264	1698	1376	288	1650	1302	317	1603	1228	353	1564	1148	391	1519
	15	1557	246	1790	1487	266	1740	1414	290	1690	1338	319	1641	1264	356	1603	1182	394	1556

Dt condenser [°C]	CCPF	CCPA	DTCN
5	1,000	1,000	0,000
10	1,025	0,960	-1,500
15	1,030	0,955	-1,750
20	1,035	0,950	-2,000

TWE= Evaporator outlet water temperature (°C)  
 TWc / TWR= Condenser / recovered water temperature (°C)  
 TWb= Desuperheater water temperature outlet (°C)  
 kWf = Cooling capacity (kW).  
 kWa = Compressor power input (kW).  
 kWt = Heating capacity (kW).

The standard performances refer to a 5°C temperature difference between the water entering and leaving the heat exchanger. Has also been considered A 0.44 x 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup> K/W fouling factor.

Tabla 73. Especificaciones técnicas de la bomba de calor escogida



## 2.3.6.2 Especificaciones técnicas de las sondas geotérmicas escogidas

### Sonda RAUGEO PE-Xa

#### Sonda doble U - 4 tubos

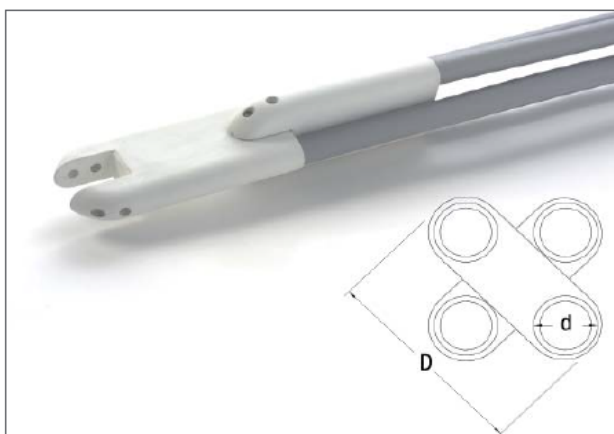
en polietileno reticulado de altas prestaciones (RAU-PE-Xa) según DIN 16892/93, UV-estabilizado, color natural con una capa gris de protección exterior RAU-PE alta densidad.

- Alta resistencia a muescas, estrías, tensofisuración y cargas puntuales
- Pie de sonda curvado, sin presencia de soldaduras enterradas
- Protección adicional en pie de sonda, resina especial reforzada con fibra de vidrio.
- Testeada en fábrica, incluye informe de inspección

#### - 10 años de garantía REHAU

Temperaturas de servicio: -40°C a +95°C

Presentación: 1 sonda en U doble/palet (4 bobinas)



### Sonda RAUGEO PE-Xa 32 x 2,9 - 4 tubos

Medida pie de sonda D=110mm

Artículo	Var	Longitud [m]	d x s [mm]	Peso [kg/m]	Volumen [l]
131693	050*	50	32 x 2,9	58	108
135873	060*	60	32 x 2,9	70	129
135503	070*	70	32 x 2,9	80	151
135513	080	80	32 x 2,9	91	173
135523	090*	90	32 x 2,9	102	194
135533	100	100	32 x 2,9	114	216
135404	110*	110	32 x 2,9	125	237
135553	125*	125	32 x 2,9	141	270
135685	140*	140	32 x 2,9	158	302
131703	150	150	32 x 2,9	169	323

\*a consultar

### Sonda RAUGEO PE-Xa 40 x 3,7 - 4 tubos

Medida pie de sonda D=134mm

Artículo	Var	Longitud [m]	d x s [mm]	Peso [kg/m]	Volumen [l]
140143	050*	50	40 x 3,7	88	167
140153	060*	60	40 x 3,7	105	200
140163	070*	70	40 x 3,7	88	234
140173	080*	80	40 x 3,7	105	267
140183	090*	90	40 x 3,7	88	300
140193	100*	100	40 x 3,7	105	334
140203	110*	110	40 x 3,7	88	367
140223	125*	125	40 x 3,7	105	417
140233	150*	150	40 x 3,7	88	501
140243	175*	175	40 x 3,7	105	584
140253	200*	200	40 x 3,7	88	668
140263	225*	225	40 x 3,7	105	751
140273	250*	250	40 x 3,7	429	835

\*a consultar

Tabla 74. Especificaciones técnicas de las sondas geotérmicas escogidas

## 2.3.7 Propuesta de presupuesto de la renovación de la instalación de climatización

### Capítulo 2: Instalación de climatización

ID	Descripción	Cantidad	Precio	Total
2.1.	Suministro e instalación de fancoil de techo para instalación de agua de la marca TERMOVEN, de la serie FLS, de techo horizontal con filtro vertical (TFV) modelo 550. Sistema de dos tubos, baterías fabricadas en tubo de cobre de 3/8" y aletas de aluminio corrugadas, según norma UNE-37.153-86. Ventilador con motor monofásico de 6 velocidades. Potencia frigorífica total nominal de 4,80 KW y potencia calorífica total de 5,39 KW, caudal de agua nominal de 0,702 m³/h, caudal de aire nominal de 791 m³/h y potencia sonora nominal de 56 dBA. Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha para su comprobación por la empresa instaladora.	949 uds	347 €/ud	329.303,00 €
2.2.	Suministro e instalación de fancoil de techo para instalación de agua de la marca TERMOVEN, de la serie FLS, de techo horizontal con filtro vertical (TFV) modelo 850. Sistema de dos tubos, baterías fabricadas en tubo de cobre de 3/8" y aletas de aluminio corrugadas, según norma UNE-37.153-86. Ventilador con motor monofásico de 6 velocidades. Potencia frigorífica total nominal de 5,49 KW y potencia calorífica total de 7,36 KW, caudal de agua nominal de 0,943 m³/h, caudal de aire nominal de 1118 m³/h y potencia sonora nominal de 61 dBA. Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha para su comprobación por la empresa instaladora.	253 uds	497 €/ud	125.741,00 €
2.3.	Suministro e instalación de bomba circuladora con variador de frecuencia, apta para temperaturas desde -10 hasta 90°C, con motor de tipo asíncrono cerrado y refrigerado con ventilación exterior. Potencia nominal del motor de 2,2 kW de dos polos, marca SEDICAL modelo SIM 150/419-90.0/K. Cierre mecánico normalizado, 1450 r.p.m. Alimentación trifásica 400V/50Hz, protección IP 55, aislamiento tipo F. Incluye puente de manómetros formado por manómetro, válvulas de esfera y tubería de cobre, filtro, válvula de retención y válvulas de corte; p/p de elementos de montaje; caja de conexiones eléctricas con condensador y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada	2 uds	25239 €/ud	50.478,00 €

2.4.	Suministro e instalación de tubería de distribución de agua de climatización, formada por tubo de cobre, de 22 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor con aislamiento de 25 mm mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. Incluye material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, válvulas de corte, purgadores automáticos, termómetros, manómetros, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexiónada y probada por la empresa instaladora.	1898 m	6,24 €/m	11.843,52 €
2.5.	Suministro e instalación de tubería de distribución de agua de climatización, formada por tubo de cobre, de 25 mm de diámetro exterior y 1,5 mm de espesor con aislamiento de 25 mm mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. Incluye material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, válvulas de corte, purgadores automáticos, termómetros, manómetros, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexiónada y probada por la empresa instaladora.	1404 m	7,64 €/m	10.726,56 €
2.6	Suministro e instalación de tubería de distribución de agua de climatización, formada por tubo de cobre, de 28 mm de diámetro exterior y 1,5 mm de espesor con aislamiento de 25 mm mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. Incluye material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, válvulas de corte, purgadores automáticos, termómetros, manómetros, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexiónada y probada por la empresa instaladora.	506 m	8,14 €/m	4.118,84 €
2.7.	Suministro e instalación de vaso de expansión para circuito geotérmico, marca SEDICAL REFLEX modelo S100, membrana no recambiable según DIN 4807. Tª máxima hasta 70°C, con válvula de seguridad, manómetro, válvula de corte y elementos de montaje y conexión necesarios para su correcto funcionamiento. Color rojo, de dimensiones 480mm x 810 mm. Totalmente montado, conexiónado y probado.	1 ud	273 €/ud	273,00 €

**Total capítulo 2: Instalación climatización**

**532.483,92 €**

**Tabla 75. Propuesta de presupuesto para la instalación de climatización mediante fan coils.**



### 3 Planos



### **3.1 Alzado**



## **3.2 Planta Baja**



### ***3.3 Planta primera***





### ***3.4 Planta segunda***



### ***3.5 Planta tercera***



### **3.6 *Planta cuarta***



### ***3.7 Planta quinta***



### **3.8 *Planta sexta***



### ***3.9 Distribución Fan Coils Planta Baja***



### ***3.10 Distribución Fan Coils Planta primera***



### ***3.11 Distribución Fan Coils plantas segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta***





### ***3.12 Distribución de las sondas geotérmicas en el terreno***



### ***3.13 Sondas geotérmicas Pe-Xa Rehau***



### ***3.14 Bomba de Calor Ferroli***



## **4 Pliego de condiciones**

### ***4.1 Pliego de condiciones generales***

El objeto del presente pliego es la ordenación de las condiciones facultativas, técnicas, económicas y legales que han de regir durante la ejecución de las obras de construcción del proyecto.

La obra ha de ser ejecutada conforme a lo establecido en los documentos que conforman el presente proyecto, siguiendo las condiciones establecidas en el contrato y las ordenes e instrucciones dictadas por la dirección facultativa de la obra, bien oralmente o por escrito.

Cualquier modificación en obra, se pondrá en conocimiento de la Dirección Facultativa, sin cuya autorización no podrá ser realizada.

Se acometerán los trabajos cumpliendo con lo especificado en el apartado de condiciones técnicas de la obra y se emplearán materiales que cumplan con lo especificado en el mismo.

Durante la totalidad de la obra se estará a lo dispuesto en la normativa vigente especialmente a la de obligado cumplimiento.

Es obligación de la contrata, así como del resto de agentes intervinientes en la obra el conocimiento del presente pliego y el cumplimiento de todos sus puntos.

### ***4.2 Pliego de condiciones facultativas***

#### **4.2.1 Agentes Intervinientes**

##### **4.2.1.1 Promotor**

Será considerado promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de instalación objeto de este proyecto.

Son obligaciones del promotor:

- \*Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- \*Nombrar a los técnicos proyectistas y directores de obra y de la ejecución material.
- \*Contratar al técnico redactor del Estudio de Seguridad y Salud y al Coordinador en obra y en proyecto si fuera necesario.
- \*Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- \*Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.

#### **4.2.1.2 Contratista**

El contratista tiene el compromiso de ejecutar las obras con medios humanos y materiales suficientes, propios o ajenos, dentro del plazo acordado y con sujeción estricta al proyecto técnico que las define, al contrato firmado con el promotor, a las especificaciones realizadas por la Dirección Facultativa y a la legislación aplicable.

Son obligaciones del contratista:

- \*La ejecución de las obras alcanzando la calidad exigida en el proyecto cumpliendo con los plazos establecidos en el contrato.
- \*Tener la capacitación profesional para el cumplimiento de su cometido como constructor.
- \*Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra, tendrá la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra y permanecerá en la obra a lo largo de toda la jornada legal de trabajo hasta la recepción de la obra.

El jefe de obra, deberá cumplir las indicaciones de la Dirección Facultativa y firmar en el libro de órdenes, así como cerciorarse de la correcta instalación de los medios auxiliares, comprobar replanteos y realizar otras operaciones técnicas.

- \*Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.

\*Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.

\*Firmar el acta de replanteo y el acta de recepción de la obra.

\*Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.

\*Suscribir las garantías previstas en el presente pliego y en la normativa vigente.

\*Redactar el Plan de Seguridad y Salud.

Designar al vigilante de Seguridad y Salud en la obra entre su personal técnico cualificado con presencia permanente en la obra y velar por el estricto cumplimiento de las medidas de seguridad y salud precisas según normativa vigente y el plan de seguridad y salud.

### **Plazo de ejecución y obras**

En caso de que las obras no se pudieran iniciar o terminar en el plazo previsto como consecuencia de una causa mayor o por razones ajenas al Contratista, se le otorgará una prórroga previo informe favorable de la Dirección Facultativa. El Contratista explicará la causa que impide la ejecución de los trabajos en los plazos señalados, razonándolo por escrito.

La prórroga solo podrá solicitarse en un plazo máximo de un mes a partir del día en que se originó la causa de esta, indicando su duración prevista y antes de que la contrata pierda vigencia. En cualquier caso el tiempo prorrogado se ajustará al perdido y el Contratista perderá el derecho de prórroga si no la solicita en el tiempo establecido.

### **Medios humanos y materiales de obra**

Cada una de las partidas que compongan la obra se ejecutarán con personal adecuado al tipo de trabajo de que se trate, con capacitación suficientemente probada para la labor a desarrollar. La Dirección Facultativa, tendrá la potestad facultativa para decidir sobre la adecuación del personal al trabajo a realizar.

El Contratista proporcionará un mínimo de dos muestras de los materiales que van a ser empleados en la obra con sus certificados y sellos de garantía en vigor presentados por el fabricante, para que sean examinadas y aprobadas por la Dirección Facultativa, antes de su puesta en obra. Los materiales que no reúnan las condiciones exigidas serán retiradas de la obra.

Las pruebas y ensayos, análisis y extracción de muestras de obra que se realicen para cerciorarse de que los materiales y unidades de obra se encuentran en buenas condiciones y están sujetas al Pliego, serán efectuadas cuando se estimen necesarias por parte de la Dirección Facultativa y en cualquier caso se podrá exigir las garantías de los proveedores.

El transporte, descarga, acopio y manipulación de los materiales será responsabilidad del Contratista.

### **Instalaciones y medios auxiliares**

El proyecto, consecución de permisos, construcción o instalación, conservación, mantenimiento, desmontaje, demolición y retirada de las instalaciones, obras o medios auxiliares de obra necesarias y suficientes para la ejecución de la misma, serán obligación del Contratista y correrán a cargo del mismo. De igual manera, será responsabilidad del contratista, cualquier avería o accidente personal que pudiera ocurrir en la obra por insuficiencia o mal estado de estos medios o instalaciones.

El Contratista instalará una oficina dotada del mobiliario suficiente, donde la Dirección Facultativa podrá consultar la documentación de la obra y en la que se guardará una copia completa del proyecto visada por el Colegio Oficial, el libro de órdenes, libro de incidencias según RD 1627/97, libro de visitas de la inspección de trabajo, copia de la licencia de obras y copia del plan de seguridad y salud.

### **Subcontratas**

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra, bajo su responsabilidad, previo consentimiento del Promotor y la Dirección Facultativa, asumiendo en cualquier caso el contratista las actuaciones de las subcontratas.



La Propiedad podrá introducir otros constructores o instaladores, además de los del Contratista, para que trabajen simultáneamente con ellos en las obras, bajo las instrucciones de la Dirección Facultativa.

### **Relación con los agentes intervinientes**

El orden de ejecución de la obra será determinada por el Contratista, excepto cuando la dirección facultativa crea conveniente una modificación de los mismos por razones técnicas en cuyo caso serán modificados sin contraprestación alguna.

El contratista estará a lo dispuesto por parte de la dirección de la obra y cumplirá sus indicaciones en todo momento, no cabiendo reclamación alguna, en cualquier caso, el contratista puede manifestar por escrito su disconformidad y la dirección firmará el acuse de recibo de la notificación.

En aquellos casos en que el contratista no se encuentre conforme con decisiones económicas adoptadas por la dirección de la obra, este lo pondrá en conocimiento de la propiedad por escrito, haciendo llegar copia de la misma a la Dirección Facultativa.

### **Defectos de obra y vicios ocultos**

El Contratista será responsable hasta la recepción de la obra de los posibles defectos o desperfectos ocasionados durante la misma.

En caso de que la Dirección Facultativa, durante las obras o una vez finalizadas, observara vicios o defectos en trabajos realizados, materiales empleados o aparatos que no cumplan con las condiciones exigidas, tendrá el derecho de mandar que las partes afectadas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, antes de la recepción de la obra y a costa de la contrata.

De igual manera, los desperfectos ocasionados en fincas colindantes, vía pública o a terceros por el Contratista o subcontrata del mismo, serán reparados a cuenta de éste, dejándolas en el estado que estaban antes del inicio de las obras.

### **Modificaciones en las unidades de obra**

Las unidades de obra no podrán ser modificadas respecto a proyecto a menos que la Dirección Facultativa así lo disponga por escrito.

En caso de que el Contratista realizase cualquier modificación beneficiosa (materiales de mayor calidad o tamaño), sin previa autorización de la Dirección Facultativa y del Promotor, sólo tendrá derecho al abono correspondiente a lo que hubiese construido de acuerdo con lo proyectado y contratado.

En caso de producirse modificaciones realizadas de manera unilateral por el Contratista que menoscaben la calidad de lo dispuesto en proyecto, quedará a juicio de la Dirección Facultativa la demolición y reconstrucción o la fijación de nuevos precios para dichas partidas.

Previamente a la ejecución o empleo de los nuevos materiales, convendrán por escrito el importe de las modificaciones y la variación que supone respecto al contratado.

Toda modificación en las unidades de obra será anotada en el libro de órdenes, así como su autorización por la Dirección Facultativa y posterior comprobación.

#### **4.2.1.3 Dirección facultativa**

##### **Proyectista**

Es el encargado por el promotor para redactar el proyecto de ejecución de la obra con sujeción a la normativa vigente y a lo establecido en contrato.

Será encargado de realizar las copias de proyecto necesarias y visarlas en el colegio profesional correspondiente.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales o documentos técnicos, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

### **Director de obra**

Forma parte de la Dirección Facultativa, dirige el desarrollo de la obra en aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Son obligaciones del director de obra:

- \* Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno.
- \* Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- \* Elaborar modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra .
- \* Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones de las unidades de obra ejecutadas.

Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al promotor, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

### **Director de la ejecución de la obra**

Forma parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado.

Son obligaciones del director de la ejecución de la obra:

- \* Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- \* Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- \* Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas.

\* Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones de las unidades de obra ejecutadas.

Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

## **4.2.2 Documentación**

En obra se conservará una copia íntegra y actualizada del proyecto para la ejecución de la obra que estará a disposición de todos los agentes intervinientes en la misma.

Tanto las dudas que pueda ofrecer el proyecto al contratista como los documentos con especificaciones incompletas se pondrán en conocimiento de la Dirección Facultativa tan pronto como fueran detectados con el fin de estudiar y solucionar el problema. No se procederá a realizar esa parte de la obra, sin previa autorización de la Dirección Facultativa.

La existencia de contradicciones entre los documentos integrantes de proyecto o entre proyectos complementarios dentro de la obra se salvará atendiendo al criterio que establezca el Director de Obra no existiendo prelación alguna entre los diferentes documentos del proyecto.

Una vez finalizada la obra, el proyecto, con la incorporación en su caso de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación adjuntará el Promotor el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación y aquellos datos requeridos según normativa para conformar el Libro del Edificio que será entregado a los usuarios finales del edificio.

## **4.2.3 Replanteo y acta de replanteo**

El Contratista estará obligado a comunicar por escrito el inicio de las obras a la Dirección Facultativa como mínimo tres días antes de su inicio.

El replanteo será realizado por el Constructor siguiendo las indicaciones de alineación y niveles especificados en los planos y comprobado por la Dirección Facultativa. No se comenzarán las obras si no hay conformidad del replanteo por parte de la Dirección Facultativa.

Todos los medios materiales, personal técnico especializado y mano de obra necesarios para realizar el replanteo, que dispondrán de la cualificación adecuada, serán proporcionadas por el Contratista a su cuenta.

Se utilizarán hitos permanentes para materializar los puntos básicos de replanteo, y dispositivos fijos adecuados para las señales niveladas de referencia principal.

Los puntos movidos o eliminados, serán sustituidos a cuenta del Contratista, responsable de conservación mientras el contrato esté en vigor y será comunicado por escrito a la Dirección Facultativa, quien realizará una comprobación de los puntos repuestos.

El Acta de comprobación de Replanteo que se suscribirá por parte de la Dirección Facultativa y de la Contrata, contendrá, la conformidad o disconformidad del replanteo en comparación con los documentos contractuales del Proyecto, las referencias a las características geométricas de la obra y autorización para la ocupación del terreno necesario y las posibles omisiones, errores o contradicciones observadas en los documentos contractuales del Proyecto, así como todas las especificaciones que se consideren oportunas.

El Contratista asistirá a la Comprobación del Replanteo realizada por la Dirección, facilitando las condiciones y todos los medios auxiliares técnicos y humanos para la realización del mismo y responderá a la ayuda solicitada por la Dirección.

Se entregará una copia del Acta de Comprobación de Replanteo al Contratista, donde se anotarán los datos, cotas y puntos fijados en un anexo del mismo.

### ***4.3 Pliego de condiciones técnicas***

Se describen en este apartado las características que deben reunir las instalaciones, así como los criterios de aceptación y rechazo.

## 4.3.1 Instalaciones

### 4.3.1.1 Calefacción y A.C.S.

#### Descripción

Instalaciones destinadas al calentamiento de recintos y a la generación de agua caliente sanitaria.

#### Materiales

\*Sistema de generación: Puede ser por caldera, bomba de calor, energía solar, etc. Puede utilizarse para calefacción y producir además A.C.S., individual o colectiva, y con acumulador o sin él.

\*Distribución: Pueden ser tuberías de agua o conductos de aire, de cobre, acero inoxidable, acero galvanizado, fibra de vidrio, etc.

\*Bomba de circulación o ventilador

\*Sistema de control: Puede controlarse por válvulas termostáticas o termostatos situados en locales y/o en exteriores.

\*Sistema de consumo: Radiadores, convectores, rejillas, difusores, etc.

\*Sistema de acumulación.

\*Accesorios: Válvulas, dilatadores, purgadores, intercambiador, vaso de expansión, conductos de humo, aislantes térmicos, etc.

#### Puesta en obra

La instalación cumplirá el R.D. 1751/1998 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios RITE, Reglamento de Aparatos a Presión R.D. 1.244/1.979 e Instrucciones Técnicas Complementarias, Reglamento sobre utilización de productos petrolíferos en calefacción y otros usos industriales, Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas, el RIGLO, R.D. 1.853/1.993 y normas UNE correspondientes.

En caso de utilizar depósitos enterrados, deberán anclarse cuando haya riesgo de que asciendan por flotabilidad. Si se utiliza arena para rellenar la fosa, deberá estar exenta de sales. Las cubetas de depósitos de superficie tendrán el fondo impermeable y con inclinación hacia una tubería de evacuación. Los depósitos de superficie en interiores estarán situados en locales ventilados, colocados sobre tacos de hormigón, y distanciados de la pared un mínimo de 40 cm.

Las calderas y bombas de calor quedarán bien ancladas a los soportes y disponiendo de los mecanismos necesarios para que no transmitan ruidos ni vibraciones.

Los tubos de calefacción se mantendrán a una distancia mínima de 25 cm. del resto de instalaciones, tendrán recorridos lo más cortos posible evitando los cambios de dirección y sección. Se colocarán paralelos a la estructura o a escuadra, tendrán tres ejes perpendiculares, quedarán distanciados 3 cm. de los paramentos y en caso de conductos para líquidos tendrán pendientes del 0,5 %. Todos los conductos quedarán aislados térmicamente.

Si las uniones entre conductos se realizan con brida, se colocará una junta fibrosa o elástica para garantizar la unión. Si las uniones se realizan con rosca, éstas se recubrirán con cáñamo, teflón, u otro material. Si las uniones se realizan mediante soldadura, se asegurará de que están limpios los elementos a unir.

Los elementos de consumo quedarán fijados, nivelados y de forma que se puedan manipular sus llaves.

Las válvulas quedarán colocadas en lugares accesibles.

Una vez montada la instalación se procederá al equilibrado hidráulico, manipulando las válvulas de asiento de las columnas de retorno y las llaves de doble reglaje de los radiadores.

### **Control y criterios de aceptación y rechazo**

El constructor realizará una prueba de presión a los depósitos de combustibles líquidos que llevarán el nombre del fabricante, la fecha de construcción y la contrastación que garantice que se ha realizado la prueba de presión.

Los quemadores deberán estar aprobados por el Ministerio de Industria.

Por cada equipo se hará una inspección de la instalación de calderas, de su correcta colocación, uniones, dimensiones... De las tuberías se comprobarán sus diámetros, fijaciones, uniones y recubrimientos de minio, calorifugado, y distancias mínimas.

Una vez terminada la instalación se harán pruebas de servicio: prueba hidrostática de tuberías, de redes de conductos, de libre dilatación y de eficiencia térmica y de funcionamiento, según los ITE 06.4.1, 06.4.2, 06.4.3, y 06.4.5 del RITE. Se comprobará la limpieza de filtros, presiones, tarado de elementos de seguridad, la calidad y la confortabilidad.

#### **4.3.1.1.1 Ventilación**

##### *Instalación eléctrica.*

Todos los motores y reguladores suministrados de acuerdo con esta Sección se conectarán de acuerdo con las normas del al Delegación de Industria y el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión.

##### *Calidad de los materiales.*

Todos los elementos de equipo, accesorios y partes componentes de los distintos sistemas, serán nuevos, adecuados para el servicio a que se destinan, y estarán exentos de defectos en el material y la mano de obra. Todo el trabajo que, dentro del periodo de dos años después de la aceptación del sistema se descubra que es defectuosos, será reemplazado, sin costo alguno para la Propiedad.

##### *Mano de obra.*

Todos los operarios serán expertos en sus profesiones y estarán capacitados para realizar trabajo de primera calidad.

#### **CONDICIONES DE INSTALACION.**

##### *Manufactura.*

Todas las tuberías serán cortadas con exactitud en las dimensiones establecidas en el lugar y se colocará en su sitio sin combarla ni forzarla. Se instalará de modo que pueda dilatarse y contraerse libremente sin daño para la misma ni para otros trabajos.



Solamente se ejecutará por soldadores expertos. Todos los cambios de dirección e intersecciones de tuberías soldadas se efectuarán por medio de accesorios para soldar excepto cuando se permita específicamente otra cosa en este Pliego. No se permitirá soldar las tuberías a inglete para formar codos, entallarlas para formar tes ni procedimiento alguno semejante.

*Silletas de protección para el aislamiento de tuberías.*

Se suministrarán e instalarán silletas de protección para el aislamiento de la tubería, en cada suspensor o soporte, para todas las tuberías de agua caliente, de 2½ pulgadas y mayores. No se requieren silletas para las tuberías de 2 pulgadas y menores que descansarán directamente sobre los suspensores o soportes. Las silletas se elegirán para proteger el aislamiento.

*Soportes y suspensores.*

Las tuberías: Irán firmemente soportadas. Los tendidos verticales de tuberías irán soportados por abrazaderas o collarines de acero forjado al nivel de cada piso y a intervalos no superiores a 2 metros. Cuando varios tendidos vayan instalados paralelos entre sí pueden emplearse suspensores trapezoidales en lugar de suspensores independientes. Todos los suspensores irán provistos de tensores o de otros medios aprobados de ajuste. Cuando las tuberías no vayan suficientemente bajas para permitir el empleo de tensores, se emplearán otros medios de ajuste. No se aceptarán suspensores de cadena, pletina, barra taladrada o de alambre.

Anclajes: Los anclajes de tuberías consistirán en collarines de acero con orejetas y pernos para su amordazado y para la fijación de las riostras de anclaje, o según se disponga en los planos. Las riostras de anclaje se instalarán de modo más eficaz para lograr el arriostramiento necesario.

*Cada columna vertical.*

Tendrá en su derivación una clave de ida y otra de retorno y grifos, a fin de poder aislar cada una separadamente en casos de conveniencia y todas ellas conectadas a una tubería que vaya a unirse a la tubería maestra de desagüe.

**CALDERAS Y ELEMENTOS AUXILIARES.**

Las calderas de agua caliente se instalarán según las características indicadas en los planos. Deberán ser de hierro fundido y seccionadas por elementos. Como rendimiento normal no se computarán más de 8.000 cl./hora por m<sup>2</sup>.

Permitirá su aplicación por acoplamiento de nuevos elementos e irá provista de regulador automático de combustión, termómetro, válvula de seguridad, llaves de paso de ida y retorno y su quemador correspondiente si así se determina.

#### SERVICIO DE CALDERAS.

El fabricante de las calderas facilitará los servicios de un ingeniero especializado y competente en la puesta en marcha e instrucción en el funcionamiento de la caldera.

#### RADIADORES.

Los radiadores serán de hierro fundido o de chapa, según proyecto, y seleccionados por elementos del tipo y dimensiones indicados en el proyecto. Tendrán llave de paso a doble reglaje, para poder graduar a voluntad la emisión de calor. Normalmente irán colgados en las paredes a una altura del suelo de 20 cm. En este caso serán de topo sin patas. En algunos casos especiales podrán tener patas e irán apoyados en los pisos.

Estarán garantizados para la presión de trabajo de 70 Kg./cm<sup>2</sup>. a la que se probará cada uno de ellos. Como rendimiento normal de los radiadores se admitirán hasta 500 calorías por metro cuadrado de superficie de radiación.

Los soportes de los radiadores sin patas, serán de hierro fundido, con las dimensiones necesarias para cada caso. Los delanteros irán anudados convenientemente para la sujeción del aparato. La parte posterior de cada soporte llevará un orificio en el que se colocará un trozo de varilla de hierro en sentido perpendicular al soporte, que asegure el recibido del mismo. Los soportes colgantes irán recibidos en la pared con mortero o fijados con tornillos a piezas metálicas recibidas en la pared.

#### DEPOSITO DE EXPANSION.

Será de chapa de hierro galvanizada de 4 mm. con indicador de nivel y desagüe con llave. Se instalarán con sus palomillas.

#### CHIMENEAS.

Se compondrán de dos gruesos, con cámara de aire que aisle y evite la elevación de temperatura por el exterior. Se sujetarán a los muros con abrazaderas de hierro de perfil T, distanciadas un metro, o irán embebidas en la fábrica de la chimenea y recibidas a los muros.

En todos los casos se construirán con ladrillo refractario los tres primeros metros sobre el nivel de salida del generador y todo el recorrido horizontal.

Cuando vayan al interior los pasos de los pisos, se harán disponiendo brochales o el necesario aislamiento.

Se incluirán en la construcción de las chimeneas los registros necesarios para la limpieza, contruidos con los marcos de hierro y cierre de chapa del palastro.

En los casos en que la chimenea deba prolongarse sobre la altura de los edificios colindantes, éstas prolongaciones se construirán con armadura de hierro y chapa de palastro. En estos casos se rematará la chimenea con caperuza de hierro.

#### AISLAMIENTO.

La tubería maestra horizontal de ida y retorno se aislará con coquillas de un material aislante, previamente aprobado.

#### SISTEMAS DE VENTILACION.

##### *Generalidades.*

Se realizará el sistema de ventilación conforme a lo indicado en los planos del Proyecto.

##### *La toma general de aire.*

Será adecuada para el servicio exterior, y comprenderá rejilla de lamas, en su parte externa y malla metálica con tamiz amplio en su parte interna.

##### *Conducto de impulsión.*

Será de chapa metálica. En su salida del ventilador se preverá una conexión flexible para anular vibraciones.

##### *Rejillas de Impulsión.*

Se realizarán en los laterales del conducto principal y serán en número y dimensiones, tal como se indica en los planos.

##### *Uniones entre tramos.*

Las uniones entre tramos de distinta sección del conducto se ejecutarán esmeradamente, con el fin de evitar obstáculos considerables a la circulación del aire a través de estos.

#### *Rejillas.*

Se instalará también rejillas para expulsión del aire al exterior, el número de ellas será el indicado en los planos, así como el tipo y dimensiones correspondientes.

#### LIMPIEZA.

##### *Generalidades.*

Una vez terminados los trabajos todas las partes de la instalación se limpiarán perfectamente. Todo el equipo, tuberías, válvulas, accesorios, etc., se limpiarán de toda grasa, suciedad, recortes de metal, cieno, etc., que pudiera haberse acumulado.

##### *Lavado de calderas.*

Antes de poner las calderas en servicio o de efectuar la prueba final de cualquier sistema se procederá al lavado con agua de la caldera antes de su puesta en funcionamiento.

##### *Limpieza defectuosa.*

Si cualquier tubería o las calderas, etc., resultase obstruida por la suciedad, debido al aceite o grasa en las redes, después de haber sido aceptado el trabajo.

#### AJUSTE DE COMPENSACION.

##### *Generalidades.*

Todos los sistemas se ajustarán compensarán de modo que cumplan los requisitos del Pliego y de los planos. Todos los reguladores y sistemas de control se ajustarán para que cumplan su función según lo especificado.

##### *Ajuste de quemadores.*

Los quemadores se ajustarán de conformidad con las instrucciones del fabricante, especialmente en lo referente a los ajustes de los termómetros de calderas e instrumentos análogos. El termostato del transporte de aceite se ajustará para una temperatura de 122 °F (50 °C) para funcionamiento horizontal rotatorio y a una temperatura más alta para los quemadores mecánicos 145 °F (63 °C) aproximadamente.

Los productos de combustión se probarán con un aparato “Orsat” y los ajustes se harán para asegurar una lectura de CO<sub>2</sub> de no más de 13% ni menos de 12% en fuego alto, con los valores correspondientes del 12% y 11% en fuego bajo, todo en armonía con una temperatura de gases de la combustión de, aproximadamente, 205°C o menor en fuego alto y 0% de CO<sub>2</sub> en todos los casos.

#### LISTA DE PIEZAS DE REPUESTO Y PRECIO.

Con cada elemento de equipo suministrado por un fabricante se acompañarán dos ejemplares de listas de piezas de repuesto, listas de precios y manuales de funcionamiento, además de los planos de taller y datos de catálogo necesarios.

#### PRUEBAS DEFINITIVAS DE TEMPERATURA.

Cuando el sistema se halle totalmente instalado y con objeto de hacer la recepción, se efectuará el ensayo de temperatura en los diferentes locales del edificio, cuyo resultado ha de satisfacer las condiciones del proyecto.

### 4.3.1.2 Electricidad

#### Descripción

Formada por la red de captación y distribución de electricidad en baja tensión que transcurre desde la acometida hasta los puntos de utilización y de puesta a tierra que conecta la instalación a electrodos enterrados en la tierra para reconducir fugas de corriente.

#### Materiales

\*Acometida.

\*Línea repartidora.

\*Contadores.

\*Derivación individual.

- \*Cuadro general de protección y distribución: Interruptores diferenciales y magnetotérmicos.
- \*Interruptor control de potencia.
- \*Instalación interior.
- \*Mecanismos de instalación.
- \*Electrodo de metales estables frente a la humedad y la acción química del terreno.
- \*Líneas enlace con tierra. Habitualmente un conductor sin cubierta.
- \*Arqueta de puesta a tierra.
- \*Tomas de corriente.

### **Puesta en obra**

Cumplirán el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del 2 de agosto de 2002 y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, las Normas propias de la compañía suministradora y las normas UNE correspondientes.

Las arquetas se colocarán a distancias máximas de 50 m. y en cambios de dirección en circuitos, cambios de sección de conductores, derivaciones, cruces de calzada y acometidas a puntos de luz.

La caja general de protección estará homologada, se instalará cerca de la red de distribución general y quedará empotrada en el paramento a un mínimo de 30 cm. del suelo y según las disposiciones de la empresa suministradora y lo más alejada posible de instalaciones de agua, gas, teléfono, etc. Las puertas estarán protegidas contra la corrosión y no podrán introducirse materiales extraños a través de ellas.

La línea repartidora irá por zonas comunes y en el interior de tubos aislantes.

El recinto de contadores estará revestido de materiales no inflamables, no lo atravesarán otras instalaciones, estará iluminado, ventilado de forma natural y dispondrá de sumidero.

Las derivaciones individuales discurrirán por partes comunes del edificio por tubos enterrados, empotrados o adosados, siempre protegidas con tubos aislantes, contando con un registro por planta. Si las tapas de registro son de material combustible, se revestirán interiormente con un material no combustible y en la parte inferior de los registros se colocará una placa cortafuego. Las derivaciones de una misma canaladura se colocarán a distancias a eje de 5 cm. como mínimo.

Los cuadros generales de distribución se empotrarán o fijarán, lo mismo que los interruptores de potencia. Estos últimos se colocarán cerca de la entrada de la vivienda a una altura comprendida entre 1,5 y 2 m.

Los tubos de la instalación interior irán por rozas con registros a distancias máximas de 15 m. Las rozas verticales se separarán al menos 20 cm. de cercos, su profundidad será de 4 cm. y su anchura máxima el doble de la profundidad. Si hay rozas paralelas a los dos lados del muro, estarán separadas 50 cm. Se cubrirán con mortero o yeso. Los conductores se unirán en las cajas de derivación, que se separarán 20 cm. del techo, sus tapas estarán adosadas al paramento y los tubos aislantes se introducirán al menos 0,5 cm. en ellas.

Para la puesta a tierra se colocará un cable alrededor del edificio al que se conectarán los electrodos situados en arquetas registrables. Las uniones entre electrodos se harán mediante soldadura autógena. Las picas se hincarán por tramos midiendo la resistencia a tierra. En vez de picas se puede colocar una placa vertical, que sobresalga 50 cm. del terreno cubierta con tierra arcillosa.

### **Control y criterios de aceptación y rechazo**

Llevarán la marca AENOR todos los conductores, mecanismos, aparatos, cables y accesorios. Los contadores dispondrán de distintivo MICT. Los instaladores serán profesionales cualificados con la correspondiente autorización.

Se comprobará la situación de los elementos que componen la instalación, que el trazado sea el indicado en proyecto, dimensiones, distancias a otros elementos, accesibilidad, funcionabilidad, y calidad de los elementos y de la instalación.

Finalmente se harán pruebas de servicio comprobando la sensibilidad de interruptores diferenciales y su tiempo de disparo, resistencia al aislamiento de la instalación, la tensión de defecto, la puesta a tierra, la continuidad de circuitos, que los puntos de luz emiten la iluminación indicada, funcionamiento de motores y grupos generadores. La tensión de contacto será menor de 24 V o 50 V, según sean locales húmedos o secos y la resistencia será menor que 10 ohmios.

Las tolerancias máximas admisibles serán:

- Dimensiones de caja general de protección:  $\pm 1\%$
- Enrase de tapas con el pavimento:  $\pm 0,5$  cm.
- Acabados del cuadro general de protección:  $\pm 2$  mm
- Profundidad del cable conductor de la red de tierra: -10 cm.

#### SISTEMAS DE BAJA TENSION, ALUMBRADO.

##### *Componentes*

1.- Conductos: Los conductos serán según se indica a continuación:

Los conductos rígidos serán de acero con soldadura continua y sin aislamiento interior, para instalaciones en interiores y galvanizadas para instalaciones exteriores, subterráneas o cuando hayan de ir empotrados en las losas de pisos. Los conductos se construirán de acero dulce y serán adecuados para su doblado en frío por medio de una herramienta dobladora de tubos. Ambos extremos de tubo serán roscados, y cada tramo de conducto irá provisto de su manguito. El interior de los conductos será liso, uniforme y exento de rebabas.

Si el proyecto lo indicase, podrán ser también de policloruro de vinilo, estanco, estable hasta  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  y no propagador de la llama, con grado de protección 3 o 5 contra daños mecánicos.

Los conductos empotrados o en falsos techos serán de los flexibles, también llamados traqueales, de policloruro de vinilo, estanco, y estable hasta la temperatura de  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , no propagador de las llamas, con grado de protección 3 o 5 contra daños mecánicos, de diámetro interior no inferior a 9 mm.

Todos los accesorios, manguitos, contratueras, tapones roscados, cajas de inspección, cajas de empalmes y salida, serán de acero o P.V.C., según los casos. Tanto en instalaciones



empotradas como al descubierto, las cajas podrán ser de aluminio. Se eludirá la instalación de características Bergman, empleándose las cajas de aluminio o material galvanizado cuando vayan empotradas en cuyo caso el empalme con los manguitos y cajas se soldará para conseguir el más absoluto hermetismo.

## 2.- Conductores

Los conductores se fabricarán de cobre electrolítico de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98% al 100%.

Todos los conductores de cobre irán provistos de baño de recubrimiento de estaño.

Este recubrimiento deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da forma de círculo de diámetro equivalente a 20 ó 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidroclorídrico del 1,088 de peso específico a una temperatura de 20°C.

Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

El aislamiento de goma con revestimiento de algodón trenzado de los conductores consistirá en una mezcla de goma virgen resistente al calor, equivalente al 35 por 100 en peso, un máximo de un 5 por 100 de resina y un máximo de 3,5 por 100 de azufre, de una resistencia mínima a la rotura de 80 Kg./cm<sup>2</sup>. La temperatura normal de trabajo del cobre sin que produzcan daños al aislamiento será de 70° a 75 °C. El aislamiento no modificará las características mecánicas en más de un 15 por 100 después de 200 horas a 78 °C. El acabado exterior de los conductores consistirá en algodón trenzado impregnado con barniz. El barniz no se ablandará a una temperatura de 60 °C., ni en las vueltas adyacentes del hilo mostrarán tendencia a aglutinarse unas con otras.

La sección mínima de los conductores será de 2,5 mm<sup>2</sup>., hasta 15 A. excepto en los casos de centralización de reactancias en los que las uniones de las mismas con los puntos de luz correspondientes puedan ser de 1,5 mm<sup>2</sup>.

## 3.- Cinta aislante

La cinta aislante (de goma, fricción o plástico) tendrá una capacidad de aislamiento que exceda a 600 V.

#### 4.- Interruptores de alumbrado

Los interruptores de alumbrado serán del tipo pivote, de 15 a 250 V. de capacidad, con indicador de posición. Además del resorte que acciona el interruptor, el mecanismo de acondicionamiento incluirá medios mecánicos positivos de iniciación del movimiento que tiende a cerrar o abrir el circuito. Los interruptores serán de tipo intercambiable de unidad sencilla con cuerpo moldeado de melamina, y cableado posterior.

#### 5.- Enchufes para uso general

Los enchufes para usos generales serán unidades de construcción compacta, cuerpo cerámico 10 a 250 V. de capacidad, tipo de puesta a tierra, montados al ras.

#### 6.- Aparatos de iluminación

Todos los aparatos se suministrarán completos con cebadores, reactancias, condensadores, y lámparas y se instalarán de acuerdo con este Pliego de Condiciones Normales.

Todos los aparatos deberán tener un acabado adecuado resistente a la corrosión en todas sus partes metálicas y serán completos con portalámparas y accesorios cableados. Los portalámparas para lámparas incandescentes serán de una pieza de porcelana o baquelita, cuando sea posible. Cuando sea necesario el empleo de unidad montada al sistema mecánico del montaje será efectivo, no existirá posibilidad de que los componentes del conjunto se muevan cuando se enrosque o desenrosque una lámpara. No se emplearán anillos de porcelana roscados para la sujeción de cualquier parte del aparato. Las reactancias para lámparas fluorescentes suministrarán un voltaje suficientemente alto para producir el cebado y deberán limitar la corriente a través del tubo a un valor de seguridad predeterminado.

Las reactancias y otros dispositivos de los aparatos fluorescentes serán de construcción robusta, montados sólidamente y protegidos convenientemente contra la corrosión. Las reactancias y otros dispositivos serán desmontables sin necesidad de desmontar todo el aparato.

El cableado en el interior de los aparatos se efectuará esmeradamente y en forma que no cause daños mecánicos a los cables. Se evitará el cableado excesivo. Los conductores se dispondrán de forma que queden sometidos a temperaturas superiores a las designadas para los mismos. Las dimensiones de los conductores se basarán en el voltaje de la lámpara, pero los conductores en ningún caso serán de dimensiones inferiores a 1 mm<sup>2</sup>. El aislamiento será

plástico o goma. No se emplearán soldaduras en la construcción de los aparatos, que estarán diseñados de forma que los materiales combustibles adyacentes no puedan quedar sometidos a temperaturas superiores a 90°. La fabricación y tipo de los aparatos será según muestra en los planos.

Los aparatos a pruebas de intemperie serán de construcción sólida, capaces de resistir sin deterioro la acción de la humedad e impedirán el paso de ésta a su interior.

Las lámparas incandescentes serán del tipo para usos generales de filamento de tungsteno.

Los tubos fluorescentes serán de base media de dos espigas, blanco, frío normal. Los tubos de 40 W. tendrán una potencia de salida de 2.900 lúmenes, como mínimo, y la potencia de los tubos de 20 W. será, aproximadamente de 1.080 lúmenes.

#### MANO DE OBRA.

##### *Conductos.*

El sistema de conductos se instalará según se indique en los planos y según sigue:

Los conductos se instalarán en forma que quede eliminada cualquier posible avería por recogida de condensación de agua y todos los tramos de conductos se dispondrán de manera que no se produzcan estancamientos o bolsas de agua siempre que sea posible. Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar el aplastamiento de suciedad, yeso u hojarasca en el interior de los conductos, tubos, accesorios y cajas durante la instalación. Los tramos de conductos que hayan quedado taponados, se limpiarán perfectamente hasta dejarlos libres de dichas acumulaciones, o se sustituirán conductos que hayan sido aplastados o deformados.

Los tramos de conductos al descubierto se mantendrán separados a una distancia mínima de 150 mm. de tramos paralelos de tubos de humos, de tuberías de vapor o de agua caliente, y dichos tramos de conductos se instalarán paralelos o perpendiculares a los muros, elementos estructurales o intersecciones de planos verticales y cielos rasos.

Se evitará siempre que sea posible todos los codos e inflexiones. No obstante, cuando sean necesarios se efectuarán por medio de herramienta dobladora de tubos a mano o con máquina dobladora. La suma de todas las curvas de un mismo tramo de conducto no excederá de 270°. Si un tramo de conducto precisase la implantación de codos, cuya suma exceda de 270°, se instalarán cajas de paso o tiro en el mismo. Los conductos que hayan sido cortados se escariarán cuidadosamente para eliminar las rebabas existentes. Todos los cortes serán

escuadrados al objeto de que el conducto pueda adaptarse firmemente a todos los accesorios. No se permitirán hilos de rosca al descubierto.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratueras y casquillos.

Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser firmemente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja. Las contratueras y casquillos serán del tamaño adecuado al conducto que se haga uso. Los hilos de rosca serán similares a los hilos normales del conducto usado. Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavo Spit sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, y los de tipo de tuerca cuando de precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva.

Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 Kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos. No se permitirán los tacos de madera insertos en la obra de fábrica o en el hormigón como base para asegurar los soportes de conductos.

#### *Tomacorrientes.*

Los tomacorrientes se instalarán en los lugares indicados en los planos.

#### *Interruptores.*

En los lugares indicados en los plano, según se ha especificado previamente.

#### *ACERAS.*

Se considerarán como parte de la obra las aceras que rodean el edificio, del tipo que exija el Ayuntamiento, así como los bordillos, dejando los registros que sean necesarios y las entradas de carruajes y demás accesorios que se indiquen.

#### *ANDAMIOS Y MEDIOS DE SEGURIDAD.*

#### *Generalidades.*

Los andamios y apeos se construirán sólidamente y con las dimensiones necesarias para soportar los pesos y presiones a que deban ser sometidos. Se colocarán antepechos quitamiedos de 1 m. de altura con la necesaria solidez, conforme a las normas vigentes sobre el particular.

*Materiales.*

Podrán ser de madera o metálicos, reuniendo en cada caso las características exigidas.

#### **4.3.1.3 Aire acondicionado. Depósitos**

##### **Descripción**

Instalaciones destinadas al enfriamiento de recintos, que además de la temperatura pueden modificar la humedad, movimiento y pureza del aire, creando un microclima confortable en el interior de los edificios.

##### **Materiales**

\*Unidad frigorífica o sistema por absorción: Está formada por un compresor, un evaporador, un condensador y un sistema de expansión.

\*Termostato de control. (ITE 02.11 y 04.12)

\*Redes de distribución. (ITE 02.9, 02.8, 04.2, 05.2)

Tuberías y accesorios de chapa metálica de cobre o acero, de fibra de vidrio, etc. Los conductos serán lisos, no presentarán imperfecciones interiores ni exteriores, rugosidades ni rebabas, estarán limpios, no desprenderán fibras ni gases tóxicos, no permitirán la formación de esporas ni bacterias, serán estancos al aire y al vapor de agua, no propagarán el fuego y resistirán los esfuerzos a los que se vean sometidos.

\*Elementos de consumo: Formado por ventiloconvectores, inductores, rejillas, difusores...

\*Otros elementos: Como filtros, ventiladores...

## **Puesta en obra**

La instalación cumplirá el R.D. 1751/1998 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios RITE, Reglamento de Aparatos a Presión, R.D. 1.244/1.979 e Instrucciones Técnicas Complementarias, el R.D. 1.853/1.993 RIGLO, Reglamento sobre utilización de productos petrolíferos en calefacción y otros usos industriales, orden 21-6-1.968, Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas y normas UNE correspondientes.

La situación, recorrido y características de la instalación serán las indicadas en proyecto. Se procurará que los recorridos sean lo más cortos posible.

La sección mínima de los conductos será la de la boca a la que esté fijado. El agua que pueda condensarse en su interior irá a la red de evacuación. Las fijaciones serán sólidas de forma que no se produzcan vibraciones y no transmitan tensiones a los conductos. No vibrará ningún elemento de la instalación, especial cuidado se prestará a la maquinaria susceptible de provocar ruidos o vibraciones molestas, quedando aislados los locales que las alberguen y desolidarizados con elementos rígidos o estructurales del edificio.

En las tuberías para refrigerantes las uniones se harán con manguitos y podrán dilatarse y contraerse libremente atravesando forjados y tabiques con camisas metálicas o de plástico. Las uniones entre tuberías convergentes se harán en "Y" y no en "T". Los cortes de tuberías se harán perpendiculares a eje y se limpiarán las rebabas. Los doblados se harán de forma que no se retuerza ni aplaste la tubería. Los conductos se aislarán de forma individual, no pudiendo proteger varios tubos un mismo aislamiento.

Los soportes de fijación para conductos estarán protegidos contra la oxidación. Las uniones entre conductos de chapa galvanizada se harán engatilladas, con tiras transversales entre conductos y los equipos serán de material flexible e impermeables.

Los difusores y rejillas serán de aluminio y llevarán compuertas de regulación de caudal.

Una vez terminada la instalación se harán todas las conexiones, se colocarán los elementos de regulación, control y accesorios, se limpiará su interior y se comprobará la estanquidad antes de introducir el refrigerante.

## **Control y criterios de aceptación y rechazo**

Los materiales y componentes tendrán las características definidas en la documentación del fabricante, en la normativa correspondiente, en proyecto y por la dirección facultativa. Llevarán una placa en la que se indique el nombre del fabricante, el modelo, número de serie, características y carga de refrigerante.

Se harán controles de la puesta en obra en cuanto a la situación de elementos, dimensiones, fijaciones, uniones, y calidad de los elementos y de la instalación.

Una vez terminada la instalación se harán pruebas de servicio: prueba hidrostática de tuberías, de redes de conductos, de libre dilatación, de eficiencia térmica y de funcionamiento, según los ITE 06.4.1, 06.4.2, 06.4.3, y 06.4.5 del RITE.

## **Componentes**

- Depósito de acero de chapa laminado.
- Depósito nodriza.
- Soporte para depósito nodriza.
- Tapa de registro.
- Resistencias eléctricas.
- Campana.
- Indicador de nivel.
- Interruptor de nivel.
- Boca de carga.
- Válvula de pie.
- Válvula de cierre rápido.
- Válvula de retención.
- Válvula de seguridad.

- Válvula reguladora de presión.

- Botella de tranquilización.

- Filtro de aceite.

- Bomba.

- Grupo de presión.

- Canalizaciones:

de llenado

de ventilación

de aspiración

de retorno.

### **Condiciones previas**

Los depósitos de superficie podrán ser:

- Depósitos interiores

- Depósitos exteriores.

#### **A) DEPÓSITOS INTERIORES:**

- Serán colocados en recinto exclusivo para ellos en la planta más baja del edificio y dotados de ventilación al exterior o ventilación forzada mediante conducto resistente al fuego.

- Contarán con un espacio libre a su alrededor de 40 cm. como mínimo para permitir su inspección y tendrá una separación mínima del suelo de 50 cm. y con respecto a otros depósitos será igual al radio del mayor.

- Las paredes del recinto tendrán una resistencia al fuego no inferior a dos horas y contará con una puerta de acceso en chapa de acero, sin ventilación, practicable al exterior y elevada del pavimento 20 cm. como mínimo, siendo recomendable que dicha altura constituya con la



superficie del recinto una cubeta de capacidad igual al volumen que tienen los depósitos como mínimo.

- Colocaremos exteriormente en la puerta un letrero que avise de "Peligro": Depósito de Combustible. Prohibido fumar y acercar llamas o aparatos que produzcan chispas.
- La instalación eléctrica del recinto irá bajo tubo de acero con interruptores, limitadores de corriente, cuadros de maniobra localizados en el exterior, así como también un extintor contra incendios.

#### B) DEPÓSITOS EXTERIORES:

- Se colocarán en espacio exterior bajo nivel del terreno, y estarán formados por solera, muros de fábrica y provistos de sumidero.
- Para la evacuación de aguas de lluvia y derramas de combustible dentro del foso, se construirá una válvula de cierre rápido para corte de combustible que verterá a un pozo exclusivo para su uso.
- La distancia mínima del depósito a las edificaciones será de 3 m. y el foso no quedará enfrentado con ningún hueco del local donde estén instalados los quemadores, en una anchura igual al frente del foso ampliado en un metro a cada lado. La distancia mínima del depósito a las paredes del cubeto, será igual al diámetro de aquél y entre depósitos será igual al radio del mayor.
- En todo el perímetro del foso se colocará una tela metálica a una altura mínima desde el pavimento exterior de 2,50 m. estando provista de puerta con cerradura, colocando en la parte exterior un letrero igual que en el caso anterior.
- La capacidad total de almacenaje del depósito no será superior a 75.000 l., salvo que se autoricen capacidades superiores por la Dirección General del Ministerio de Industria.
- Se preverán pasos que permitan la entrada de los depósitos hasta el lugar de instalación, estando separados de cimentaciones o estructuras colindantes de edificios a una distancia no inferior a 50 cm., siendo la profundidad mínima del foso de igual medida del depósito, ampliado en 150 cm.

- En caso de circular o estacionarse vehículos, se construirá una losa que sobresaldrá 50 cm. del foso con espesor mínimo de 20 cm. si es de hormigón en masa, o de 15 cm. si es de hormigón armado.
- Si las características del terreno no garantizan el corte vertical del vaciado, las paredes del foso se realizarán con muro de fábrica de ladrillo o con muro de hormigón armado, previéndose anclajes mediante pletinas o cables de acero que rodeen el depósito, ante la posibilidad de subida del nivel freático, todo ello calculado para que el empuje no pueda vencer 1,5 veces el peso del depósito vacío, considerando el nivel del agua a cota máxima.
- Frente a aguas agresivas selenitosas, se protegerá el depósito construyendo un muro de hormigón impermeabilizado, y se protegerá catódicamente el depósito en caso de que la agresividad del suelo tenga un pH mayor de 6,5.

### **Ejecución**

Se tendrán en cuenta las especificaciones siguientes:

#### **- DEPÓSITOS**

- Serán de chapa de acero laminada UNE 360II-75, con resistencia mínima de 5.000 kg/cm<sup>2</sup>, límite elástico no inferior de 3.600 kg/cm<sup>2</sup>, y contenido de azufre o fósforo inferior al 0,06%. No presentará impurezas, picados de laminación, etc.
- Los fondos y virolas irán unidos por soldadura a tope eléctrica interior y exteriormente, resistiendo una presión de prueba de 2 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los depósitos tendrán forma cilíndrica y fondos elipsoidales o toriesféricos, e irán provistos de asas de suspensión para su transporte y colocación. Irán protegidos interiormente con pintura resistente a los derivados del petróleo y exteriormente mediante pintura alquitranada en caliente y llevarán en su parte superior una boca de forma circular o elíptica provista de tapa con dimensiones mínimas de 60x40 cm.
- En una placa colocada al lado de la boca, se indicará:
  - Presión de prueba
  - Presión de timbre

- Superficie exterior
- Capacidad en volumen
- Fecha de pruebas
- números de registro y de fabricación
- Nombre del producto y fabricante.
- TAPA DE REGISTRO:
  - De fundición, superficie exterior con dibujo de profundidad 3 mm., provista de hueco para su levantamiento. Tipo:
    - Boca de hombre, de forma cuadrada de 70 cm. de lado y tapa circular con hueco de paso de 55 cm. de diámetro.
    - Boca de carga, de forma cuadrada de 40 cm. de lado y tapa circular de 25 cm. de diámetro.
  - RESISTENCIA ELÉCTRICA:
    - Estará protegida a sobretensiones y tendrá de características:
      - \* 220 v. de tensión nominal.
      - \* Potencia nominal en watios.
      - \* Termostato incorporado, con regulación de veinte a ochenta grados centígrados.
      - \* Rosca de adaptación al depósito.
    - La resistencia podrá ser de tipo horquilla o tipo fondo.
  - INDICADOR DE NIVEL:
    - El equipo se compondrá de cuadro de lectura, sonda y tapón para adaptar a la tapa del depósito. Podrá ser neumático o eléctrico, teniendo en este caso instalación eléctrica de lectura con cable antihumedad.
    - Podrá medir el nivel de líquido en litros o en tanto por ciento % de volumen.
  - INTERRUPTOR DE NIVEL:

- Sistema de boyas y de interruptor de corriente, que cierre o abra el contacto del grupo moto-bomba de la canalización de aspiración cuando el nivel de combustible esté al mínimo o máximo respectivamente. Llevará acoplado un avisador de reserva óptico.

- BOCA DE CARGA:

- Estará formada por cuerpo de bronce para roscar, tapón de protección permitirá la conexión de mangueras de alimentación.

- VÁLVULA DE PIE:

- Estará constituida por cuerpo de bronce para roscar de un solo asiento, viniendo definida por su diámetro en milímetros mm.

- VÁLVULA DE CIERRE RÁPIDO:

- Formada por cuerpo de bronce para roscar, viniendo definida por su diámetro de conexión en milímetros mm.

- VÁLVULA DE RETENCIÓN:

- Será de cuerpo de latón o bronce para roscar o embridar, soportará una temperatura de servicio de ochenta grados centígrados (80°C), y vendrá definida por el diámetro de la rosca en milímetros (mm.)

- VÁLVULA DE SEGURIDAD:

- Cuerpo metálico de cuerpo reforzado, fundición o latón o bronce para roscar o embridar, con dispositivo de regulación para tarado, resorte de compresión y escape conducido, viniendo definido por su diámetro en milímetros (mm.)

- VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN:

- Cuerpo de fundición, asiento de bronce para roscar o embridar, con tornillo de regulación de la presión de salida, presión regulable hasta cuatro kilogramos por centímetro cuadrado (4 kg/cm<sup>2</sup>.), equipado con manómetro y grifo de purga.

Vendrá definida por el diámetro de la rosca en milímetros (mm.)

- BOTELLA DE TRANQUILIZACION:

- Cuerpo metálico de acero reforzado, cobre o latón de forma cilíndrica, con dispositivo para purga de aire y vaciado, acoplamiento para roscar o embridar las canalizaciones de alimentación y retorno y los latiguillos de alimentación al quemador. Definido por el diámetro de la rosca en milímetros (mm.)

- FILTRO DE ACEITE:

- Permitirá su limpieza sin tener que interrumpir el circuito de líquido y sin penetrar el aire, soportará temperaturas de 80°C, se indicará el tipo de combustible para filtrar y vendrá definida por el diámetro de conexión en milímetros (mm.)

- BOMBA:

- Cuerpo de fundición, autoaspirantes y reversibles, con rejillas en el extremo, toma provista de inversor, prensa de estopas para roscar o embridar.

- De régimen no superior a 1.500 revoluciones por minuto, elementos inalterables al aceite caliente, viniendo definida por su diámetro de conexión en mm., su altura manométrica en m.c.a., potencia en caballos de vapor (Cv) y su caudal en litros por hora (l/h).

- GRUPO DE PRESIÓN:

- Estará constituido por:

\* Conjunto moto-bomba para hidrocarburos ligeros.

\* Depósito de expansión.

\* Filtro.

\* Contactor con relé térmico de 220 ó 380 voltios.

\* Latiguillos y colector.

\* Presostato con interruptores para cerrar o abrir el circuito.

\* Manómetro.

\* Vacuómetro, para controlar las tomas de aire o posibles obstrucciones. Medirá la depresión en el circuito de aspiración.

\* Válvulas de seguridad.

- CANALIZACIONES:

- Podrán ser exteriores o enterradas, viniendo su diámetro especificado en la documentación técnica.

- Las canalizaciones exteriores estarán separadas de toda conducción o cuadro eléctrico una distancia mayor a 50 cm. y las enterradas 100 cm. de conducciones de agua, gas, electricidad, alcantarillado y telefonía.

A) Canalización de llenado:

- Comenzará en la boca de carga y terminará en el interior del depósito a 100 mm. de su fondo. La tubería de llenado será subterránea, con pendiente hacia el depósito no inferior al 5%, cuando la distancia del depósito al camión cisterna sea inferior a 25 m.

- Cuando existan varios depósitos, se puede instalar una sola canalización de llenado ramificada, conectando con cada uno de ellos y provista de un sistema de válvulas de cierre rápido que permita aislar todos los depósitos menos el que se desea llenar.

B) Canalización de ventilación:

- Comenzará en el interior del depósito, entrando en él no más de 2 cm., terminando en "te" de ventilación provista de rejilla cortafuegos. Si los depósitos son enterrados, esta canalización saldrá al exterior, adosada al edificio hasta una altura sobre el nivel del suelo no inferior a 2,50 m.

- Si existen varios depósitos, se podrá instalar un solo conducto de ventilación conectado a cada uno de ellos.

C) Canalización de aspiración:

- Comienza con válvula de pie en el interior del depósito, a 10 cm. de fondo y terminará en el quemador de la caldera.

- Si existieran varios depósitos, podremos instalar una sola canalización de aspiración ramificada con sistema de válvulas de cierre rápido.

D) Canalización de retorno:

- Si termina en el interior del depósito, quedará a 10 cm. del fondo y los tramos horizontales tendrán una pendiente mayor de 1% hacia el depósito. Irá provista de sistema de válvulas de

cierre rápido. Los elementos de la instalación como depósitos y canalizaciones, estarán protegidos contra la corrosión mediante pinturas. Se usará un código de identificación de colores: tuberías de fuel-oil marrón con bandas negras, y tuberías de gasóleo color marrón con bandas amarillas.

- Los elementos metálicos de la instalación tendrán protección catódica, conectados a la red de puesta a tierra del edificio.

#### NORMATIVA

- NTE-IDL: Instalaciones de Depósitos de Combustibles Líquidos.
- NTE-IDG. Depósitos de gases licuados.
- NTE-IDA. Depósitos de agua.
- Técnica Complementaria MIE-APQ-001: Almacenamiento de Líquidos

Inflamables y Combustibles, del Reglamento de Almacenamiento de Productos

Químicos.

- Normas UNE: 36011-75. Depósitos.

#### CONTROL

La instalación se rechazará en caso de:

- Dimensiones y cota de solera de la arqueta para boca de carga mantengan una variación superior a 20 mm.
- Si la distancia del depósito al suelo es inferior a 50 cm.
- Unión defectuosa de la boca de carga con la tubería.
- Incumplimiento de las dimensiones especificadas y condiciones mínimas de seguridad contra incendios, ventilación, electrificado, evacuación del local o cubeto que alberga al depósito.
- Separación entre depósitos enterrados menor de 1 m.

En consecuencia, la instalación no se considerará como efectiva si no cumple todas aquellas condiciones previas enumeradas en el apartado anterior.

#### Realización de pruebas de servicio:

- Estanqueidad de las canalizaciones de aspiración y retorno con agua a presión. Para ello se prepararán las bombas, manómetros y demás accesorios que puedan ser dañados. Taparemos el tramo a probar y someteremos por el extremo contrario mediante bomba hidráulica una presión mínima de 5 kg/cm<sup>2</sup>., mantenida durante quince minutos, comprobando que no hay caída de presión, deformaciones, poros, fisuras, etc. En caso de que la prueba resulte negativa se repararán los defectos y se repetirá la prueba.

#### MEDICIÓN

Se medirán por:

- Ud. de depósito de trasiego (nodriza) instalado para gasóleo/fuel-oil, homologado y timbrado con respiradero, cortafuegos, racores, nivel, válvulas y demás accesorios.

Totalmente instalado y comprobado.

- Ud. de depósito para gasóleo/fuel-oil, instalado sobre bancada (enterrado o de superficie), homologado, timbrado según normativa vigente, de chapa de acero, decapado y doble capa de imprimación fosfante, preparado para pintado definitivo, castillete de conexión, accesorios y demás piezas especiales y accesorios para su total instalación, i/permisos y licencias.

#### MANTENIMIENTO

- Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a las zonas de depósitos.
- La arqueta para la boca de carga se limpiará en cada llenado, evitando que queden restos de combustibles en su interior.
- Estanqueidad de válvula y de presión del muelle, que se revisará una vez al año.
- Una vez al año se limpiará el cubeto, así como las arquetas de desagüe.

#### Depósitos de superficie:

- Revisión anual del deterioro exterior del depósito, pintando aquellas zonas que lo requieran.
- La limpieza interior del depósito se realizará cuando el sedimento alcance 5 cm. de profundidad.



- Si el depósito es de fuel-oil pesado, es conveniente que anualmente o como máximo cada dos, se realice esta limpieza en casa especializada. Si es de gasóleo C como máximo cada 5 años.
- El filtro de gasóleo C, debe limpiarse cada año en época de calefacción. Si es de fuel-oil pesado deberá limpiarse al menos cada mes.
- Cuando la arqueta de boca de hombre lleva alojada la boca de carga, se mantendrá limpia y libre de combustible, comprobando el funcionamiento del orificio de drenaje.

#### **Depósito enterrado:**

- La limpieza del interior se realizará cuando el sedimento alcance 5 cm. de profundidad. Si es de fuel-oil pesado cada año o como máximo cada dos. Si es de gasóleo C cada 5 años.
- El filtro de gasóleo C debe limpiarse cada año en época de calefacción. Si es de fuel-oil al menos la limpieza será mensual.

#### **Canalización:**

- Se revisará cada dos años como máximo y será realizada por un técnico especializado, realizándose cada 5 años una prueba de estanqueidad.

#### **Válvulas de tranquilización:**

- Se revisarán cada dos años, sometiéndose a pruebas de estanqueidad cada cinco años.

#### **Filtro de aceite:**

- Se limpiará cada mes coincidiendo con época de funcionamiento de la instalación.

#### **Bomba:**

- Se realizará su engrase anualmente, con limpieza previa de la grasa vieja, comprobándose la estanqueidad de las uniones. Este mismo mantenimiento es el que haremos con el grupo de presión.

## 4.3.2 Obras auxiliares para instalaciones

### 4.3.2.1 Paramentos

#### Revocos y enfoscados

##### Descripción

Revestimientos continuos, aplicados sobre paramentos interiores o exteriores, de mortero de cemento, cal, mixto cemento-cal o de resinas sintéticas.

##### Materiales

\*Mortero:

El aglomerante empleado podrá ser cemento o mixto con cal.

Los cementos cumplirán las especificaciones dispuestas en el RC-03 y normas armonizadas UNE EN 197-1 y las cales según normas UNE EN 459-1. Ambos aglomerantes se suministrarán acompañados de un albarán con los datos exigidos en sus Pliegos de Recepción y acompañados del certificado de conformidad con el marcado CE.

Pueden emplearse arenas naturales procedentes de ríos, mina y playa, o de machaqueo, o bien mezcla de ellas. El suministrador deberá garantizar documentalmente el cumplimiento del marcado CE, para ello cada carga irá acompañada por hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de la Obra, en la que figuren la declaración de conformidad del producto según este marcado. Los áridos deberán cumplir las condiciones físico-químicas, físico-mecánicas, de granulometría y forma indicadas en la norma armonizada UNE-EN 12620.

Se admiten todas las aguas potables y las tradicionalmente empleadas. En caso de duda, el agua cumplirá las condiciones de acidez, pH, contenido de sustancias disueltas, sulfatos, cloruros, aceites, grasas y de hidratos de carbono determinados en normas UNE descritas en la EHE.

En caso de emplear aditivos el fabricante suministrará el aditivo correctamente etiquetado y dispondrá de marcado CE aportando la ficha de declaración de conformidad a dicho marcado y certificado de control de producción en fábrica. La Dirección Facultativa deberá autorizar su utilización y en su incorporación a la mezcla se seguirá estrictamente lo dispuesto por el fabricante.

**\*Juntas:**

Se harán con junquillos de madera, plástico, aluminio lacado o anodizado.

**\*Refuerzo:**

Consiste en una malla que puede ser metálica, de fibra de vidrio o poliéster.

### **Puesta en obra**

Previamente a la aplicación del enfoscado la cubierta estará terminada o tendrá al menos 3 plantas de estructura por encima, si se va a realizar en el interior, y funcionará la evacuación de aguas si es exterior.

La superficie sobre la que se vaya a aplicar habrá fraguado, estará limpia, rugosa y húmeda. Se amasará exclusivamente la cantidad de mortero necesario y no se podrá añadir agua después de su amasado. Si la superficie es de acero, primero se cubrirá con cerámica o piezas de cemento. No se ejecutará con temperaturas inferiores a 0º C o superiores a 38º C, en tiempo de heladas, lluvioso, extremadamente seco o caluroso o cuando la superficie esté expuesta al sol, o a vientos secos y cálidos.

Si el enfoscado va maestreado, se colocarán maestras de mortero a distancias máximas de 1 m. en cada paño, en esquinas, perímetro del techo y huecos aplicando entre ellas el mortero por capas hasta conseguir el espesor que será de un máximo de 2 cm. por capa. En los encuentros de fachada y techo se enfoscará el techo en primer lugar. Si el soporte presenta discontinuidades o diferentes materiales se colocará tela de refuerzo, tensada y fijada, con solapes mínimos de 10 cm a cada lado.

Antes del fraguado del enfoscado se le dará un acabado rugoso, fratasado o bruñido, dependiendo del revestimiento que se vaya a aplicar sobre él.

Una vez fraguado el enfoscado se procederá al revoco. Si es de mortero de cemento se aplicará con llana o proyectado y tendrá un espesor mínimo de 8 mm. Si es de mortero de cal, se aplicará en dos capas con fratás, hasta conseguir un espesor mínimo de 10 mm. Si es de mortero de resinas, se dividirá la superficie en paños no superiores a 10 m<sup>2</sup>, se fijarán cintas adhesivas donde se prevean cortes que se despegarán un vez endurecido el mortero, y el espesor mínimo del revoco será 1 mm.

El revoco sobre superficies horizontales se reforzará con malla metálica y se anclará al forjado. Se respetarán las juntas estructurales. Se evitarán golpes o vibraciones durante el fraguado y no se admitirán secados artificiales. Una vez transcurridas 24 h de su ejecución, se mantendrá húmeda la superficie hasta que el mortero haya fraguado.

### **Control y criterios de aceptación y rechazo**

Si el cemento y la cal disponen de distintivo de calidad reconocido oficialmente se comprobará la identificación, clase, tipo, categoría y distintivos, de otro modo se harán ensayos. Para el cemento de resistencia a compresión, tiempos de fraguado, expansión, pérdida al fuego, residuo insoluble, trióxido de azufre, cloruros, sulfuros, óxido de aluminio y puzolanidad, según EHE y RC-03 y para la cal se harán ensayos químicos, de finura de molido, fraguado y estabilidad de volumen.

En aguas no potables sin experiencias previas se realizarán ensayos de exponente de hidrógeno pH, sustancias disueltas, sulfatos SO<sub>3</sub>, ión Cloro Cl<sup>-</sup>, hidratos de carbono y sustancias orgánicas solubles en éter, según EHE.

Se comprobará la identificación, tipo, tamaño y distintivos de las arenas realizando ensayos de materia orgánica, granulometría y finos que pasan por el tamiz 0,08 según EHE, si no disponen de sello de garantía.

De los morteros se comprobará el tipo, dosificación y distintivos, y se realizarán ensayos de resistencia a compresión y consistencia con Cono de Abrams.

Cada 100 m<sup>2</sup> se hará un control de la ejecución comprobando la preparación del soporte, dosificación del mortero, espesor, acabado, planeidad, horizontalidad, verticalidad, disposición de los materiales, adherencia al soporte, juntas y uniones con otros elementos.

Tolerancias máximas admisibles:

-planeidad: 5 mm. por m.

## **Alicatados**

### **Descripción**

Baldosas cerámicas o mosaico cerámico de vidrio como acabado en paramentos verticales interiores.

### **Materiales**

#### **\*Baldosas:**

Pueden ser gres esmaltado, porcelánico o rústico, baldosín catalán, barro cocido o azulejo. No estará esmaltado en la cara posterior ni en los cantos.

#### **\*Mosaico:**

De piezas cerámicas de gres o esmaltadas, o de baldosines de vidrio.

#### **\*Material de agarre:**

Puede aplicarse una capa gruesa de mortero tradicional, o una capa de regularización y sobre ella una capa fina de adhesivos cementosos o hidráulicos, adhesivos de dispersión o adhesivos de resinas de reacción. Los adhesivos serán elásticos, no tóxicos e inalterables al agua.

#### **\*Material de rejuntado:**

Lechada de cemento Pórtland, mortero de juntas con o sin aditivo polimérico, mortero de resinas de reacción y se puede hacer un relleno parcial de juntas con tiras compresibles.

### **Puesta en obra**

La superficie a revestir estará limpia, sin deformaciones, rugosa y ligeramente húmeda si el recibido se va a hacer con mortero y seca (humedad máxima del 3 %) y perfectamente plana si se hace con pasta adhesiva. Sobre superficies de hormigón es necesario esperar entre 40 y 60 días después del hormigonado. Si es necesario se picará la superficie o se le aplicará una imprimación para aumentar la adherencia y se aplicarán productos especiales para endurecer superficies disgregables.

Si el recibido se hace con mortero de cemento se aplicará una capa de entre 1 y 1,5 cm. tras lo que se colocarán los azulejos, que han de haber estado sumergidos en agua y oreados a la sombra durante 12 h., golpeándolos con la paleta y colocando cuñas de madera entre ellos. El rejuntado se hará 24 h. después de la colocación, con lechada de cemento si las juntas tienen una anchura menor de 3 mm. y con mortero de cemento con arena muy fina si la anchura es mayor. La anchura mínima de las juntas será de 1,5 mm. También podrán utilizarse materiales especiales de rejuntado en cuyo caso se atenderá lo dispuesto en las instrucciones del fabricante.

Si el recibido se hace con adhesivos, se aplicará con llana una capa de entre 2 y 3 mm. de espesor, pasando por la superficie una llana dentada, o bien se aplicará sobre la cara posterior del azulejo y tras la colocación se cuidará en limpiar el exceso de adhesivo entre juntas antes de que endurezca.

Durante la colocación la temperatura será de entre 5 y 30º C, no habrá soleación directa ni corrientes de aire.

Se mantendrán las juntas estructurales del edificio. Se realizarán juntas de dilatación en superficies mayores de 40 m<sup>2</sup> o en longitudes mayores de 8 m. en interiores y 6 m. en exteriores.

Los taladros que se realicen en el azulejo tendrán un diámetro de 1 cm. mayor que las tuberías que los atraviesan.

### **Control y criterios de aceptación y rechazo**

Las baldosas tendrán marca AENOR y en usos exigentes o cuando lo disponga la dirección de obra se les harán ensayos de características dimensionales, resistencia a flexión, a manchas después de la abrasión, pérdida de brillo, resistencia al rayado, deslizamiento a la helada y resistencia química.

Si el cemento dispone de distintivo de calidad reconocido oficialmente se comprobará la identificación, clase, tipo, categoría y distintivos, de otro modo se harán ensayos de resistencia a compresión, tiempos de fraguado, expansión, pérdida al fuego, residuo insoluble, trióxido de azufre, cloruros, sulfuros, óxido de aluminio y puzolanidad, según EHE y RC-03.

En aguas no potables sin experiencias previas se realizarán ensayos de exponente de hidrógeno pH, sustancias disueltas, sulfatos SO<sub>3</sub>, ión Cloro Cl<sup>-</sup>, hidratos de carbono y sustancias orgánicas solubles en éter, según EHE.

Se comprobará la identificación, tipo, tamaño y distintivos de las arenas realizando ensayos de materia orgánica, granulometría y finos que pasan por el tamiz 0,08 según EHE, si no disponen de sello de garantía.

De los morteros se comprobará el tipo, dosificación y distintivos, y se realizarán ensayos de resistencia a compresión y consistencia con Cono de Abrams.

Se hará un control de la aplicación del mortero de agarre o de la pasta adhesiva, cortes y taladros en azulejos, juntas, planeidad, horizontalidad, verticalidad, humedad del paramento, aparejo, recibido de baldosas y adherencia entre el paramento y el material de agarre.

En el caso de utilizar adhesivos se requerirá marcado CE, declaración CE de conformidad e informe de ensayo inicial de tipo de producto expedido por laboratorio notificado.

Las tolerancias máximas admisibles serán:

-planeidad:  $\pm 1$  mm. entre baldosas adyacentes y 2 mm./2 m. en todas las direcciones.

-desviación máxima:  $\pm 4$  mm. por 2 m.

-espesor de la capa de mortero:  $\pm 0,5$  cm.

-paralelismo entre juntas:  $\pm 1$  mm./m.

## **Pinturas**

### **Descripción**

Revestimientos continuos de paramentos y elementos de estructura, carpintería, cerrajería y elementos de instalaciones, situados al interior o exterior, con pinturas y barnices como acabado decorativo o protector.

### **Materiales**

\*Pinturas y barnices:

Pueden ser pinturas al temple, a la cal, al silicato, al cemento, plástica... que se mezclarán con agua. También pueden ser pinturas al óleo, al esmalte, martelé, laca nitrocelulósica, barniz, pintura a la resina vinílica, bituminosas...que se mezclarán con disolvente orgánico.

También estarán compuestas por pigmentos normalmente de origen mineral y aglutinantes de origen orgánico, inorgánico y plástico, como colas celulósicas, cal apagada, silicato de sosa, cemento blanco, resinas sintéticas, etc.

**\*Aditivos:**

Se añadirán en obra y serán antisiliconas, aceleradores de secado, matizantes de brillo, colorantes, tintes, disolventes, etc.

**\*Imprimación:**

Puede aplicarse antes que la pintura como preparación de la superficie. Pueden ser imprimaciones para galvanizados y metales no férreos, anticorrosiva, para madera y selladora para yeso y cemento.

**Puesta en obra**

La superficie de aplicación estará limpia, lisa y nivelada, se lijará si es necesario para eliminar adherencias e imperfecciones y se plastecerán las coqueras y golpes. Estará seca si se van a utilizar pinturas con disolventes orgánicos y se humedecerá para pinturas de cemento. Si el elemento a revestir es madera, ésta tendrá una humedad de entre 14 y 20 % en exterior o de entre 8 y 14 % en interior. Si la superficie es de yeso, cemento o albañilería, la humedad máxima será del 6 %. El secado será de la pintura será natural con una temperatura ambiente entre 6 y 28 ° C, sin soleamiento directo ni lluvia y la humedad relativa menor del 85 %. La pintura no podrá aplicarse pasadas 8 horas después de su mezcla, ni después del plazo de caducidad.

Sobre superficies de yeso, cemento o albañilería, se eliminarán las eflorescencias salinas y las manchas de moho que también se desinfectarán con disolventes funguicidas.

Si la superficie es de madera, no tendrá hongos ni insectos, se saneará con funguicidas o insecticidas y eliminará toda la resina que pueda contener.

Si la superficie es metálica se aplicará previamente una imprimación anticorrosiva.



En la aplicación de la pintura se tendrá en cuenta las instrucciones indicadas por el fabricante especialmente los tiempos de secado indicados.

Por tipos de pinturas:

-Pintura al temple: se aplicará una mano de fondo con temple diluido hasta la impregnación de los poros, y una mano de temple como acabado.

-Pintura a la cal: se aplicará una mano de fondo con pintura de cal diluida hasta la impregnación de los poros, y dos manos de acabado.

-Pintura al cemento: Se protegerán las carpinterías. El soporte ha de estar ligeramente humedecido, realizando la mezcla en el momento de la aplicación.

-Pintura al silicato: se protegerá la carpintería y vidriería para evitar salpicaduras, la mezcla se hará en el momento de la aplicación, y se darán dos manos.

-Pintura plástica: si se aplica sobre ladrillo, yeso o cemento, se aplicará una imprimación selladora y dos manos de acabado. Si se aplica sobre madera, se dará una imprimación tapaporos, se plastecerán las vetas y golpes, se lijará y se darán dos manos.

-Pintura al óleo: se aplicará una imprimación, se plastecerán los golpes y se darán dos manos de acabado.

-Pintura al esmalte: se aplicará una imprimación. Si se da sobre yeso cemento o madera se plastecerá, se dará una mano de fondo y una de acabado. Si se aplica sobre superficie metálica llevará dos manos de acabado.

-Barniz: se dará una mano de fondo de barniz diluido, se lijará y se darán dos manos de acabado.

### **Control y criterios de aceptación y rechazo**

El envase de las pinturas llevará una etiqueta con las instrucciones de uso, capacidad del envase, caducidad y sello del fabricante.

Se identificarán las pinturas y barnices que llevarán marca AENOR, de lo contrario se harán ensayos de determinación de tiempo de secado, de la materia fija y volátil y de la adherencia, viscosidad, poder cubriente, densidad, peso específico, resistencia a inmersión, plegado, y espesor de pintura sobre el material ferromagnético.

Se comprobará el soporte, su humedad, que no tenga restos de polvo, grasa, eflorescencias, óxido, moho...que esté liso y no tenga asperezas o desconchados. Se comprobará la correcta aplicación de la capa de preparación, mano de fondo, imprimación y plastecido. Se comprobará el acabado, la uniformidad, continuidad y número de capas, que haya una buena adherencia al soporte y entre capas, que tenga un buen aspecto final, sin desconchados, bolsas, cuarteamientos...que sea del color indicado, y que no se haga un secado artificial.

#### **4.3.2.2 Suelos**

##### **Cerámicos**

##### **Descripción**

Revestimientos de suelos y escaleras en interiores y exteriores con baldosas cerámicas o mosaico cerámico de vidrio.

##### **Materiales**

##### **\*Baldosas:**

Pueden ser gres esmaltado, porcelánico o rústico, baldosín catalán, barro cocido o azulejo. Estarán exentas de grietas o manchas.

##### **\*Mosaico:**

De piezas cerámicas de gres o esmaltadas, o de baldosines de vidrio.

##### **\*Bases:**

Entre el soporte y el embaldosado se colocará una base de arena, que puede llevar un conglomerante hidráulico, o una base de mortero pobre, para regularizar, nivelar, rellenar y desolidarizar, o base de mortero armado para repartir cargas. En vez de base también se puede colocar una película de polietileno, fieltro luminoso o esterilla especial.

##### **\*Material de agarre:**

Puede aplicarse una capa gruesa de mortero tradicional, o una capa de regularización y sobre ella una capa fina de adhesivos cementosos o hidráulicos, adhesivos de dispersión o adhesivos de resinas de reacción.

\*Material de rejuntado:

Lechada de cemento Portland o mortero de juntas.

### **Puesta en obra**

La superficie a revestir estará limpia, sin deformaciones, rugosa y ligeramente húmeda si el recibido se va a hacer con mortero y seca (humedad máxima del 3 %) si se hace con pasta adhesiva. Sobre superficies de hormigón es necesario esperar entre 40 y 60 días después del hormigonado. Si es necesario se picará la superficie o se le aplicará una imprimación para aumentar la adherencia y se aplicarán productos especiales para endurecer superficies disgregables.

Durante la puesta en obra se evitarán corrientes de aire, el soleamiento directo y la temperatura será de entre 5 y 30 °C.

Si el recibido se realiza con mortero, se espolvoreará cemento con el mortero todavía fresco antes de colocar las baldosas que estarán ligeramente húmedas. El rejuntado se hará 24 h. después de la colocación, con lechada de cemento si las juntas tienen una anchura menor de 3 mm y con mortero de cemento con arena muy fina si la anchura es mayor. La anchura mínima de las juntas será de 1,5 mm. También podrán emplearse morteros específicos de juntas en cuyo caso se atenderá a lo dispuesto por el fabricante.

Si se va a utilizar adhesivo, la humedad del soporte será como máximo del 3 %. El adhesivo se colocará en cantidad según las indicaciones del fabricante y se asentarán las baldosas sobre ella en el periodo de tiempo abierto del adhesivo.

Se respetarán las juntas estructurales del edificio y se rellenarán con junta prefabricada, con fijación de metal inoxidable y fuelle elástico de neopreno o material elástico y fondo de junta compresible. En el encuentro con elementos verticales o entre pavimentos diferentes se dejarán juntas constructivas. Se dejarán juntas de dilatación en cuadrículas de 5 x 5 m en exterior y 9 x 9 m. en interior.

## Control y criterios de aceptación y rechazo

El constructor facilitará documento de identificación de las baldosas e información de sus características técnicas, tendrán marca AENOR y en usos exigentes o cuando la dirección de obra lo disponga se les harán ensayos de características dimensionales, resistencia a flexión, a manchas después de la abrasión, pérdida de brillo, resistencia al rayado, deslizamiento a la helada y resistencia química. En el embalaje se indicará el nombre del fabricante y el tipo de baldosa.

Si el cemento dispone de distintivo de calidad reconocido oficialmente se comprobará la identificación, clase, tipo, categoría y distintivos, de otro modo se harán ensayos de resistencia a compresión, tiempos de fraguado, expansión, pérdida al fuego, residuo insoluble, trióxido de azufre, cloruros, sulfuros, óxido de aluminio y puzolanidad, según EHE y RC-03.

En aguas no potables sin experiencias previas se realizarán ensayos de exponente de hidrógeno pH, sustancias disueltas, sulfatos  $\text{SO}_3$ , ión Cloro  $\text{Cl}^-$ , hidratos de carbono y sustancias orgánicas solubles en éter, según EHE.

Se comprobará la identificación, tipo, tamaño y distintivos de las arenas realizando ensayos si la dirección de obra lo dispone de materia orgánica, granulometría y finos que pasan por el tamiz 0,08.

De los morteros se comprobará el tipo, dosificación y distintivos, y se realizarán ensayos de resistencia a compresión y consistencia con Cono de Abrams.

En el caso de utilizar adhesivos se requerirá marcado CE, declaración CE de conformidad e informe de ensayo inicial de tipo de producto expedido por laboratorio notificado.

Las tolerancias máximas admisibles serán:

- Planeidad entre baldosas adyacentes:  $\pm 1$  mm.
- Desviación máxima:  $\pm 4$  mm. por 2 m.
- Alienación de juntas de colocación:  $\pm 2$  mm. por 1 m.
- Desnivel horizontalidad: 0,5 %.

### 4.3.2.3 Falsos techos

#### Continuos

#### Descripción

Techos suspendidos de escayola o cartón-yeso, sin juntas aparentes, colocados en el interior de edificios.

#### Materiales

##### \*Paneles:

Serán de escayola o cartón-yeso.

##### \*Elementos de suspensión:

Podrán ser varillas de acero galvanizado, cañas y cuerdas de esparto y cáñamo revestidas de escayola, y perfiles de acero galvanizado o aluminio con espesor mínimo de anodizado de 10 micras.

##### \*Elementos de fijación:

Para fijación a forjado se usarán clavos de acero galvanizado, tacos de material sintético, hembrilla roscada de acero galvanizado y pellada de escayola y fibras vegetales o sintéticas. Para fijación al falso techo se usarán alambre de acero recocido y galvanizado, y pellada de escayola y fibras vegetales o sintéticas.

##### \*Relleno entre juntas:

Será de pasta de escayola y fibras vegetales o sintéticas.

#### Puesta en obra

Las placas de escayola podrán fijarse mediante varillas, que tendrán los ganchos cerrados en los extremos. El extremo superior se sujetará al elemento de fijación y el inferior a la armadura de la placa con alambre de atado. Como mínimo se pondrán 3 fijaciones por cada m<sup>2</sup> no alineadas y uniformemente repartidas. En vez de varillas podrán colocarse cañas o cuerdas de esparto y cáñamo revestidas de escayola recibidas con pasta de escayola y fibras vegetales o sintéticas.

Las placas de cartón yeso se fijarán mediante una estructura metálica, simple o doble, compuesta por perfiles, fijados al forjado a tresbolillo o por medio de montantes. Si el forjado es de hormigón se usarán clavos de acero galvanizado, si son bloques de entrevigado se usarán tacos de material sintético y hembrilla roscada de acero galvanizado y si es de viguetas se usará abrazadera de chapa galvanizada.

Las planchas se colocarán con un contenido de humedad del 10 % de su peso. Quedarán separadas un mínimo de 5 mm. de los paramentos y se dejarán juntas de dilatación cada 10 m., formadas por un trozo de plancha recibida con pasta de escayola en un lado y el otro libre. Las juntas se rellenarán con pasta de escayola y fibras vegetales o sintéticas.

#### **Control y criterios de aceptación y rechazo**

Se inspeccionarán todos los materiales empleados, placas de escayola, de yeso, perfiles, etc. comprobando su tipo, material, dimensiones, espesores, características, protección y acabados. Llevarán distintivos INCE, AENOR, EWAA EURAS o MICT. Si la dirección facultativa lo ordena se harán ensayos de aspecto y dimensiones, planeidad, desviación angular, masa por unidad de superficie y humedad. A los yesos y escayolas de identificación, tipo, muestreo, agua combinada, índice de pureza, contenido de  $\text{SO}_4\text{Ca}+1/2\text{H}_2\text{O}$ , determinación del pH, finura de molido, resistencia a flexotracción, y trabajabilidad.

En aguas no potables sin experiencias previas se realizarán ensayos de exponente de hidrógeno pH, sustancias disueltas, sulfatos  $\text{SO}_3$ , ión Cloro  $\text{Cl}^-$ , hidratos de carbono y sustancias orgánicas solubles en éter, según EHE.

No se admitirán errores de planeidad mayores de 4 mm. por 2 m.

#### **4.4 Pliego de condiciones económicas**

El Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, cuando hayan sido realizados de acuerdo con el Proyecto, al contrato firmado con el promotor, a las especificaciones realizadas por la Dirección y a las Condiciones generales y particulares del pliego de condiciones.

#### **4.4.1 Fianzas y seguros**

A la firma del contrato, el Contratista presentara las fianzas y seguros obligados a presentar por Ley, así mismo, en el contrato suscrito entre Contratista y Promotor se podrá exigir todas las garantías que se consideren necesarias para asegurar la buena ejecución y finalización de la obra en los términos establecidos en el contrato y en el proyecto de ejecución.

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada mientras dure el plazo de ejecución, hasta su recepción.

#### **4.4.2 Plazo de ejecución y sanción por retraso**

Si la obra no está terminada para la fecha prevista, el Propietario podrá disminuir las cuantías establecidas en el contrato, de las liquidaciones, fianzas o similares.

La indemnización por retraso en la terminación de las obras, se establecerá por cada día natural de retraso desde el día fijado para su terminación en el calendario de obra o en el contrato. El importe resultante será descontado con cargo a las certificaciones o a la fianza.

El Contratista no podrá suspender los trabajos o realizarlos a ritmo inferior que lo establecido en el Proyecto, alegando un retraso de los pagos.

#### **4.4.3 Precios**

##### **Precios contradictorios**

Los precios contradictorios se originan como consecuencia de la introducción de unidades o cambios de calidad no previstas en el Proyecto por iniciativa del Promotor o la Dirección Facultativa. El Contratista está obligado a presentar propuesta económica para la realización de dichas modificaciones y a ejecutarlo en caso de haber acuerdo.

El Contratista establecerá los descompuestos, que deberán ser presentados y aprobados por la Dirección Facultativa y el Promotor antes de comenzar a ejecutar las unidades de obra correspondientes.

Se levantarán actas firmadas de los precios contradictorios por triplicado firmadas por la Dirección Facultativa, el Contratista y el Propietario.

### **Proyectos adjudicados por subasta o concurso**

Los precios del presupuesto del proyecto serán la base para la valoración de las obras que hayan sido adjudicadas por subasta o concurso. A la valoración resultante, se le añadirá el porcentaje necesario para la obtención del precio de contrata, y posteriormente, se restará el precio correspondiente a la baja de subasta o remate.

### **Revisión de precios**

No se admitirán revisiones de los precios contratados, excepto obras extremadamente largas o que se ejecuten en épocas de inestabilidad con grandes variaciones de los precios en el mercado, tanto al alza como a la baja y en cualquier caso, dichas modificaciones han de ser consensuadas y aprobadas por Contratista, Dirección Facultativa y Promotor.

En caso de aumento de precios, el Contratista solicitará la revisión de precios a la Dirección Facultativa y al Promotor, quienes caso de aceptar la subida convendrán un nuevo precio unitario, antes de iniciar o continuar la ejecución de las obras. Se justificará la causa del aumento, y se especificará la fecha de la subida para tenerla en cuenta en el acopio de materiales en obra.

En caso de bajada de precios, se convendrá el nuevo precio unitario de acuerdo entre las partes y se especificará la fecha en que empiecen a regir.

### **Composición de los precios unitarios**

- El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial:

Se considerarán costes directos:

a) La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.



- b)** Los materiales, a los precios resultantes a pié de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c)** Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d)** Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- e)** Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados,

Se considerarán costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pié de obra, comunicaciones edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán Gastos Generales:

Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración Pública este porcentaje se establece un 13 por 100).

Beneficio Industrial:

El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución Material:

Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

Precio de Contrata:

El Precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

#### **4.4.4 Mediciones y valoraciones**

El Contratista de acuerdo con la Dirección Facultativa deberá medir las unidades de obra ejecutadas y aplicar los precios establecidos en el contrato entre las partes, levantando actas correspondientes a las mediciones parciales y finales de la obra, realizadas y firmadas por la Dirección Facultativa y el Contratista.

Todos los trabajos y unidades de obra que vayan a quedar ocultos en el edificio una vez que se haya terminado, el Contratista pondrá en conocimiento de la Dirección Facultativa con antelación suficiente para poder medir y tomar datos necesarios, de otro modo, se aplicarán los criterios de medición que establezca la Dirección Facultativa.

Las valoraciones de las unidades de obra, incluidos materiales accesorios y trabajos necesarios, se calculan multiplicando el número de unidades de obra por el precio unitario (incluidos gastos de transporte, indemnizaciones o pagos, impuestos fiscales y toda tipo de cargas sociales).

El Contratista entregará una relación valorada de las obras ejecutadas en los plazos previstos, a origen, a la Dirección Facultativa, en cada una de las fechas establecidas en el contrato realizado entre Promotor y Contratista.

La medición y valoración realizadas por el Contratista deberán ser aprobadas por la Dirección Facultativa, o por el contrario ésta deberá efectuar las observaciones convenientes de acuerdo con las mediciones y anotaciones tomadas en obra. Una vez que se hayan corregido dichas observaciones, la Dirección Facultativa dará su certificación firmada al Contratista y al Promotor.

El Contratista podrá oponerse a la resolución adoptada por la Dirección Facultativa ante el Promotor, previa comunicación a la Dirección Facultativa. La certificación será inapelable en caso de que transcurridos 10 días, u otro plazo pactado entre las partes, desde su envío, la Dirección Facultativa no recibe ninguna notificación, que significará la conformidad del Contratista con la resolución.

### **Unidades de administración**

La liquidación de los trabajos se realizará en base a la siguiente documentación presentada por el Constructor: facturas originales de los materiales adquiridos y documento que justifique su empleo en obra, nóminas de los jornales abonados indicando número de horas trabajadas por cada operario en cada oficio y de acuerdo con la legislación vigente, facturas originales de transporte de materiales a obra o retirada de escombros, recibos de licencias, impuestos y otras cargas correspondientes a la obra.

Las obras o partes de obra realizadas por administración, deberán ser autorizadas por el Promotor y la Dirección Facultativa, indicando los controles y normas que deben cumplir.

El Contratista estará obligado a redactar un parte diario de jornales y materiales que se someterán a control y aceptación de la Dirección Facultativa, en obras o partidas de la misma contratadas por administración.

### **Abono de ensayos y pruebas**

Los gastos de los análisis y ensayos ordenados por la Dirección Facultativa, serán a cuenta del Contratista cuando el importe máximo corresponde al 1% del presupuesto de la obra contratada, y del Promotor el importe que supere este porcentaje.

#### **4.4.5 Certificación y abono**

Las obras se abonarán a los precios de ejecución material establecidos en el presupuesto contratado para cada unidad de obra, tanto en las certificaciones como en la liquidación final.

Las partidas alzadas una vez ejecutadas, se medirán en unidades de obra y se abonarán a la contrata. Si los precios de una o más unidades de obra no están establecidos en los precios, se considerarán como si fuesen contradictorios.

Las obras no terminadas o incompletas no se abonarán o se abonarán en la parte en que se encuentren ejecutadas, según el criterio establecido por la Dirección Facultativa.

Las unidades de obra sin acabar, fuera del orden lógico de la obra o que puedan sufrir deterioros, no serán calificadas como certificables hasta que la Dirección Facultativa no lo considere oportuno.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, con carácter de documento y entregas a buena cuenta, sin que supongan aprobación o recepción en obra, sujetos a rectificaciones y variaciones derivadas de la liquidación final.

El Promotor deberá realizar los pagos al Contratista o persona autorizada por el mismo, en los plazos previstos y su importe será el correspondiente a las especificaciones de los trabajos expedidos por la Dirección Facultativa.

Se podrán aplicar fórmulas de depreciación en aquellas unidades de obra, que tras realizar los ensayos de control de calidad correspondientes, su valor se encuentre por encima del límite de rechazo, muy próximo al límite mínimo exigido aunque no llegue a alcanzarlo, pero que obtenga la calificación de aceptable. Las medidas adoptadas no implicarán la pérdida de funcionalidad, seguridad o que no puedan ser subsanadas posteriormente, en las unidades de obra afectadas, según el criterio de la Dirección Facultativa.

#### ***4.5 Pliego de condiciones legales***

Tanto la Contrata como a Propiedad, asumen someterse al arbitrio de los tribunales con jurisdicción en el lugar de la obra.

Es obligación de la contrata, así como del resto de agentes intervinientes en la obra el conocimiento del presente pliego y el cumplimiento de todos sus puntos.

El contratista será el responsable a todos los efectos de las labores de policía de la obra y del solar hasta la recepción de la misma, solicitará los preceptivos permisos y licencias necesarias y vallará el solar cumpliendo con las ordenanzas o consideraciones municipales. todas las labores citadas serán a su cargo exclusivamente.

Podrán ser causas suficientes para la rescisión de contrato las que a continuación se detallan:

\*Muerte o incapacidad del Contratista.

\*La quiebra del Contratista.

\*Modificaciones sustanciales del Proyecto que conlleven la variación en un 50 % del Presupuesto contratado.

\*No iniciar la obra en el mes siguiente a la fecha convenida.

\*Suspender o abandonar la ejecución de la obra de forma injustificada por un plazo superior a dos meses.

\*No concluir la obra en los plazos establecidos o aprobados.

\*Incumplimiento de las condiciones de contrato, proyecto en ejecución o determinaciones establecidas por parte de la Dirección Facultativa.

\*Incumplimiento de la normativa vigente de Seguridad y Salud en el trabajo.

Durante la totalidad de la obra se estará a lo dispuesto en la normativa vigente, especialmente la de obligado cumplimiento entre las que cabe destacar:

#### **Normas generales del sector**

\*Real Decreto 462 / 1971 de 11 de Marzo. Normas sobre redacción de proyectos y dirección de obras de edificación

\*Ley 38 / 1999 de 5 de Noviembre Ley de Ordenación de la Edificación. LOE

#### **Código técnico de la edificación**

\*Real Decreto 2429 / 2006

#### **Estructurales**

\*Real Decreto 2661 / 1998 de 11 de Diciembre EHE. Instrucción de hormigón estructural

\*Real Decreto 642 / 2002 de 5 de julio EFHE. Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de forjados unidireccionales de Hormigón estructural realizados con elementos prefabricados

\*Real Decreto 997 / 2002 de 27 de Septiembre Aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02)

## **Materiales**

\*Orden 1986 de 15 de septiembre Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones

\*Orden 1990 de 4 de Julio RB-90, Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de bloques de hormigón

\*Real Decreto 1797 / 2003 de 26 de diciembre RC-03. Instrucción para la recepción de cemento

## **Instalaciones**

\*Real Decreto 1427 / 1997 de 15 de Septiembre Instalaciones petrolíferas para uso propio.

\*Real Decreto 1027 /2007 de 20 de Julio RITE. Reglamento de instalaciones térmicas.

\*Real Decreto 494 / 1988 de 20 de Mayo. Reglamento de aparatos que utilizan gas como combustible.

\*Real Decreto 919 / 2006 de 28 de Julio. Reglamento de instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales.

\*Orden 1977 de 23 de mayo Reglamento de Aparatos Elevadores para obras.

\*Real Decreto 2291 / 1985 de 8 de Noviembre Reglamento de aparatos de elevación y manutención de los mismos.

\*Real Decreto 836/2003 de 27 de junio.Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a grúas torre para obra u otras aplicaciones.

\*Real Decreto 1314 / 1997 de 1 de Agosto Reglamento de aparatos de elevación y su manutención.

\*Real Decreto 1942 / 1993 de 5 de noviembre Reglamento de instalaciones de protección contra incendios

\*Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

\*Real Decreto 842 / 2002 de 2 de agosto REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones complementarias.

\*Real Decreto-Ley 1 / 1998 de 27 de Febrero Infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicaciones.

\*Real Decreto 401 / 2003 de 4 de Abril Reglamento regulador de infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones.

### **Seguridad y salud**

\*Orden 1952 de 20 de Mayo Reglamento de seguridad e higiene en el trabajo de la industria de la construcción

\*Orden 1970 de 28 de Agosto Ordenanza laboral de la construcción, vidrio y cerámica

\*Orden 1971 de 9 de marzo Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ordenanza General.

\*Real Decreto 1495 / 1986 de 26 de Mayo Reglamento de seguridad en las máquinas

\*Ley 31 / 1995 de 8 de Noviembre Prevención de riesgos laborales

\*Real Decreto 485 / 1997 de 14 de Abril Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo

\*Real Decreto 486 / 1997 de 14 de Abril Establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

\*Real Decreto 487 / 1997 de 14 de Abril Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores

\*Real Decreto 488 / 1997 de 14 de Abril Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativos al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización

\*Real Decreto 664 / 1997 de 12 de mayo Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el

\*Real Decreto 665 / 1997 de 12 de mayo Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el

\*Real Decreto 773 / 1997 de 30 de Mayo Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los EPI

\*Real Decreto 1215 / 1997 de 18 de Julio Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo

\*Real Decreto 1627 / 1997 de 24 de Octubre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción

\*Real Decreto 614 / 2001 de 8 de junio Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

\*Real Decreto 1316 / 1989 de 27 de octubre Protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición al ruido durante el trabajo.

\*Real Decreto 171 / 2004 de 30 de enero de Prevención de riesgos laborales en materia de coordinación de empresas.

\*Real Decreto 54 / 2003 de 12 diciembre Reforma del marco normativo de prevención de riesgos laborales.

### **Administrativas**

\*Resolución 1971 de 7 de Diciembre Correos. Instalación de casilleros domiciliarios

\*Real Decreto L. 2 / 2000 de 16 de junio Ley de Contratos de las Administraciones Públicas

En todas las normas citadas anteriormente que con posterioridad a su publicación y entrada en vigor hayan sufrido modificaciones, corrección de errores o actualizaciones por disposiciones más recientes, se quedará a lo dispuesto en estas últimas.





## 5 Presupuesto

En el presupuesto se detallan en primer lugar las mediciones realizadas, así como los precios unitarios de cada una de ellas. Se presenta el presupuesto general desglosando cada una de las unidades necesarias y se resume al final de forma muy simplificada.

En este tipo de proyectos tiene cabida la aplicación de las subvenciones de ámbito estatal y autonómico que se encuentren vigentes. En este sentido, se puede encontrar, en la Comunidad de Madrid, el Plan de Impulso a las Energías Renovables, puesto en marcha por El Gobierno de la Comunidad de Madrid, en colaboración con el Ministerio de Industria, Energía y Minas (IDAE).

El Plan entró en vigor el 1 de marzo de 2012, y estará vigente hasta el 1 de octubre de 2012. A continuación se resume el apartado que hace referencia a la geotermia en cuanto a la cuantía de los incentivos.

### **d) Energía geotérmica de baja temperatura:**

- Instalaciones en circuito abierto: 150 €/kW.
- Instalaciones en circuito cerrado con intercambio enterrado horizontal: 330 €/kW
- Instalaciones en circuito cerrado con intercambio vertical con sondeos: 420 €/kW
- Instalaciones de redes de distrito geotérmicas: 450 €/kW
- Las ayudas tendrán un límite máximo del 30% de los costes elegibles.

El proyecto que se está tratando está compuesto de un circuito cerrado con intercambio vertical con sondeos, es decir, al solicitar la subvención se pueden descontar del presupuesto 420 €/kW, o bien, el 30% del total del presupuesto.

## 5.1 Mediciones

### Capítulo 1: Instalación geotérmica

ID	Descripción	Cantidad
1.1.	Bomba de calor, marca FERROLI modelo RVW 1200.2 R, potencia nominal de calefacción de 1253 KW y de refrigeración de 1167 kW.	1 ud
1.2.	Excavación mecánica de pozo de 110 m de profundidad.	98 uds
1.3.	Instalación de circuito de conexión entre sondas geotérmicas y colectores comunes.	98 uds
1.4.	Sonda geotérmica de doble U, marca RAUGEO PE-Xa 32x2,9 de 4 tubos de diámetro exterior de la sonda de 110 mm.	98 uds
1.5.	Tubo de relleno	11000 m
1.6.	Peso de 25 kg para colocación en pie de sonda vertical de 32 mm.	98 uds
1.7.	Racor en Y PE RAUGEO	196 uds
1.8.	Distanciador-centrador sonda 32x2,9	5390 uds
1.9	Material para relleno de la perforación geotérmica	2,6 m <sup>3</sup>
1.10.	Fluido caloportador. Etilenglicol puro	2520 l
1.11.	Arqueta RAUGEO Grande, para la conexión integral de las sondas geotérmicas.	11 uds

## 5.2 Precios unitarios

### Capítulo 1: Instalación geotérmica

ID	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio por unidad
1.1.	Bomba de calor, marca FERROLI modelo RVW 1200.2 R, potencia nominal de calefacción de 1253 KW y de refrigeración de 1167 kW.	1 ud	uds	86.000,00 €
1.2.	Excavación mecánica de pozo de 110 m de profundidad.	98 uds	uds	4.950,00 €
1.3.	Instalación de circuito de conexión entre sondas geotérmicas y colectores comunes.	98 uds	uds	300,00 €
1.4.	Sonda geotérmica de doble U, marca RAUGEO PE-Xa 32x2,9 de 4 tubos de diámetro exterior de la sonda de 110 mm.	98 uds	uds	2.144,00 €
1.5.	Tubo de relleno	11000 m	metros	1,56 €
1.6.	Peso de 25 kg para colocación en pie de sonda vertical de 32 mm.	98 uds	uds	139,00 €
1.7.	Racor en Y PE RAUGEO	196 uds	uds	10,50 €
1.8.	Distanciador-centrador sonda 32x2,9	5390 uds	uds	0,68 €
1.9	Material para relleno de la perforación geotérmica	2,6 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	339,00 €
1.10.	Fluido caloportador. Etilenglicol puro	2520 l	litros	611,33 €
1.11.	Arqueta RAUGEO Grande, para la conexión integral de las sondas geotérmicas.	11 uds	uds	7.421,59 €

## 5.3 Presupuesto general

### Capítulo 1: Instalación geotérmica

ID	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1.1.	<p>Suministro e instalación de bomba de calor, marca FERROLI modelo RVW 1200.2 R, potencia nominal de calefacción de 1253 KW y de refrigeración de 1167 kW, consumo de potencia eléctrica nominal 298 kW en calefacción y 249 KW en refrigeración, COP de 4,21 y EER de 4,69. Tensión de alimentación trifásica con neutro a 400V/50Hz.</p> <p>Capacidad total de 315 litros de agua. Caudal nominal en el evaporador de 55,8 l/s en el modo refrigeración y 45,6 l/s en el modo calor, presión máxima de trabajo en el evaporador de 45 KPa. Caudal nominal en el condensador de 67,7 l/s en el modo refrigeración y 59,8 l/s en el modo calor, presión máxima de trabajo en el condensador de 25 KPa.</p> <p>Totalmente montado, conexionado y probado.</p>	1 ud	86000 €/ud	86.000,00 €
1.2.	<p>Excavación mecánica de pozo de 110 m de profundidad para instalación de sondas geotérmicas, con camisa de hierro de sustentación para los primeros 10 m. Diámetro máximo de perforación de 130 mm., totalmente montado e instalado según especificaciones.</p>	98 uds	4950 €/pozo	485.100,00 €
1.3.	<p>Suministro e instalación de circuito de conexión entre sondas geotérmicas y colectores comunes, formado por tubería de polietileno de alta calidad (PE), diámetro nominal 32mm, desde salida de sonda de captación geotérmica hasta unión con colector de ida y retorno, totalmente montado e instalado según especificaciones.</p>	98 uds	300 €/ud	29.400,00 €
1.4.	<p>Suministro e instalación de sonda geotérmica de doble U, marca RAUGEO PE-Xa 32x2,9 de 4 tubos de diámetro exterior de la sonda de 110 mm.</p> <p>Formada por tubos de polietileno reticulado de altas prestaciones (RAU-PE-Xa) según DIN 16892/93, UV-estabilizado, color natural con una capa gris de protección exterior RAU-PE alta densidad), diámetro nominal 32 mm, para perforación vertical en forma de doble U, de 110 m de profundidad, totalmente montado</p>	98 uds	2144 €/ud	210.112,00 €
1.5.	<p>Suministro e instalación de tubo para inyección de relleno. Denominación de tubo relleno RAUGEO PE SDR11, formado por tubo de polietileno SDR11 diámetro 32 mm, longitud 2 m mayor que la sonda, estabilizado a los rayos UV, color negro, totalmente montado e instalado según especificaciones.</p>	11000 m	1,56 €/m	17.160,00 €
1.6.	<p>Suministro e instalación de peso de 25 kg para colocación en pie de sonda vertical de 32 mm. Material de acero, totalmente montado e instalado según especificaciones.</p>	98 uds	139 €/ud	13.622,00 €

1.7.	Suministro e instalación de racor en Y PE RAUGEO para la inserción de dos líneas de impulsión y retorno de la sonda a la perforación. Soldadura de la derivación con manguito electrosoldable. La derivación en Y está fabricada en polietileno PE100 SDR11 según DIN 8075, totalmente montado e instalado según especificaciones.	196 uds	21 €/2 ud	2.058,00 €
1.8.	Suministro e instalación de distanciador-centrador sonda 32x2,9, que asegura una separación uniforme entre los tubos de la sonda dentro del sondeo, dejando un intersticio de 45 mm de diámetros para el tubo de relleno. Distancia de colocación recomendada: cada 2 m, totalmente montado e instalado según especificaciones.	5390 uds	6,8 €/10 ud	3.665,20 €
1.9	Suministro e instalación de material para relleno de la perforación geotérmica. Mezcla preparada resistente a heladas según DIN 52104-A. Denominación RAUGEO Therm 1.2: densidad 1,43 kg/dm <sup>3</sup> , resistencia a compresión 28d 4N/mm <sup>2</sup> , permeabilidad al agua < 1x10 <sup>-19</sup> , necesidades de 8,67 m <sup>3</sup> , ejecutado según especificaciones	2,6 m <sup>3</sup>	339 €/m <sup>3</sup>	881,40 €
1.10.	Suministro e instalación del fluido caloportador. Etilenglicol puro. Mezcla al 29% con agua, ejecutado según especificaciones	2520 l	611,33 €/60 l	25.675,86 €
1.11.	Suministro e instalación de arqueta RAUGEO Grande, para la conexión integral de las sondas geotérmicas. Medidas exteriores: 1,2x1,1x1,15m, tapa tipo rosca resistente a 150kg, colectores integrados fabricados en fibra de vidrio reforzada, aptos para calor y frío (de -20°C a +70°C). Módulo impulsión con válvulas de cierre incorporadas, módulo retorno con caudalímetros incorporados. Impermeable al agua, posibilidad de conexionado de los circuitos en interior o exterior de la arqueta mediante extensiones preperforadas removibles. Diámetro conexionado de 32x2,9mm. Módulo de 18 conexiones. Totalmente montado, conexionado y probado.	11 uds	7421,59 €/ud	81.637,49 €

**Total capítulo 1: Instalación geotérmica**

**955.311,95 €**

#### **5.4 Resumen de presupuesto**

Total Instalación geotérmica		955.311,95 €
Beneficio Industrial (6%)	+	57.318,72 €
I.V.A. (18%)	+	171.956,15 €
Subvenciones (30%)	-	286.593,59 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>		<b>897.993,23 €</b>

El presupuesto total del proyecto asciende a ochocientos noventa y siete mil, novecientos noventa y tres euros y veintitrés céntimos de euro.



## 6 Estudio de impacto medioambiental

Se realizan dos tipos de estudios de impacto medioambiental, aquel que se produce cuando ya está funcionando la instalación, y aquel que se produce al ejecutar la obra de implantación del proyecto.

La primera parte del estudio de impacto ambiental está centrado en las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen al utilizar la instalación, así como el impacto visual que puede producir su implantación.

La ventaja principal de los sondeos geotérmicos subterráneos es que no necesitan mantenimiento durante su funcionamiento. No produce ningún impacto visual al entorno, y todo queda tal y como se encontraba antes de la obra, puesto que toda la infraestructura de intercambio de calor se encuentra bajo tierra. Tan solo la bomba de calor a la que llega el fluido caloportador debe encontrarse en una sala de máquinas habilitada para acoger este tipo de aparatos.

En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, cabe decir que los sondeos forman parte de una instalación libre de emisiones y totalmente limpia. Tan solo pueden liberarse a la atmósfera emisiones de dióxido de carbono por alguna fuga que se pudiese dar en el refrigerante de la bomba de calor asociada a la instalación.

Respecto a la segunda parte del estudio, la que hace referencia a la fase del proyecto que puede producir impacto sobre el medio ambiente, se estudia a continuación y se desarrolla mediante el método de las matrices.

En primer lugar se definen las acciones que pueden dar lugar a un impacto medioambiental, los efectos que pueden producir dichas acciones, así como las alternativas que se pueden presentar ante ellas. En segundo lugar se definen los impactos medioambientales previsibles que se pueden dar durante la ejecución del proyecto.



### **ACCIONES (Indicadores de presión)**

- Edificaciones ya construidas
- Consumo de agua
- Circulación de vehículos
- Generación de empleo.
- Consumo de energía eléctrica
- Producción de residuos no tóxicos

### **EFFECTOS (Indicadores de estado)**

- Impacto en el paisaje
- Posibles afecciones sobre medio físico y biótico
- Incidencia en el medio socioeconómico
- Almacenamiento de residuos sólidos de desecho
- Atracción de roedores, insectos, etcétera

### **ALTERNATIVAS (Indicadores de respuesta)**

- Edificación en sólo dos plantas
- Posible depuración de aguas vertidas
- Riego de zonas ajardinadas con agua depurada
- Ordenación y limitación del tráfico
- Incineración controlada de residuos sólidos de desecho
- Programas de desratización y desinsectación
- Vallado de la urbanización

## IMPACTOS

A continuación se describen los distintos impactos previsibles. Para cada uno de ellos se presenta su correspondiente descripción

- Edificaciones: impacto en el paisaje.
- Consumo de agua: disminución de recursos hídricos de la zona.
- Circulación de vehículos: problemas de ruidos, presión ambiental, contaminación.
- Generación de empleo: disminución del paro, elevación de renta y nivel de vida.
- Consumo de electricidad: tendido de cables, impacto biótico, contaminación electromagnética.
- Residuos no tóxicos: suciedad, polvo, atracción de roedores, insectos, etcétera

Parámetros a evaluar de cada impacto previsible:

1. Intensidad
2. Momento
3. Persistencia
4. Reversibilidad
5. Extensión
6. Magnitud relativa
7. Posibles medidas correctoras

Agentes causantes	1	2	3	4	5	6	7
<b>Edificaciones</b>	Baja	Inmediato	Permanente	Largo plazo	Baja	0,4	No
<b>Consumo de agua</b>	Alta	Inmediato	Pertinaz	Largo plazo	Parcial	0,2	Si
<b>Circulación de vehículos</b>	Baja	Inmediato	Temporal	Corto plazo	Parcial	0,02	Si
<b>Generación de empleo</b>	Alta	Corto plazo	Permanente	Irreversible	Total	0,01	Si
<b>Consumo de electricidad</b>	Alta	Inmediato	Temporal	Irreversible	Parcial	0,03	Si
<b>Residuos no tóxicos</b>	Alta	Inmediato	Temporal	Corto plazo	Parcial	0,01	Si

Tabla 76. Resumen de los parámetros a evaluar de los impactos previsibles

## Matriz de impactos

La matriz de impactos recoge las parejas de acciones y elementos del medio con el que están relacionadas.

Elementos del medio		Edificaciones	Consumo de agua	Circulación de vehículos	Generación de empleo	Consumo de electricidad	Residuos no tóxicos
Medio físico	Suelo	x		x			x
	Aguas superficiales		x				
Medio biótico	Vegetación			x			
Medio socio económico	Agricultura	x			x		x
	Sector industrial				x	x	
	Sector construcción	x					

Tabla 77. Matriz de impactos

## Valoración de impactos

Para valorar los impactos es necesario definir una serie de parámetros en cada uno de los cuadros de la matriz de impactos. Estos son:

Importancia del impacto

Magnitud relativa

Peso del impacto

Producto

Se definen a continuación los parámetros de valoración de los impactos

**Importancia del impacto:** es el factor más importante, y queda definido por la siguiente ecuación:

$$I = 3 \cdot I_n + M + P + R + 2 \cdot E$$

(Ec. 44)

donde

$I_n$  es la intensidad del impacto, graduado de 1 a 12 (de menor a mayor)

$M$  es el momento en que se produce, graduado de 4 (inmediato) a 1 (largo plazo).

$P$  es la persistencia, de 1 a 4 (momentánea, temporal, pertinaz y permanente).

$R$  es la reversibilidad, de 1 a 4 (corta, media, larga e irreversible).

$E$  es la extensión, de 1 a 8 (puntual, parcial, extenso o total).

Aplicando la ecuación 44, se obtienen las importancias de impacto, quedando reflejadas en la siguiente tabla.

Elementos del medio		Edificaciones	Consumo de agua	Circulación de vehículos	Generación de empleo	Consumo de electricidad	Residuos no tóxicos
Medio físico	Suelo	18		18			27
	Aguas superficiales		30				
Medio biótico	Vegetación			18			
Medio socio económico	Agricultura	26			35		25
	Sector industrial				39	30	
	Sector construcción	39					

Tabla 78. Importancia de impactos

**Magnitud relativa (Mr):** indica la importancia relativa en función del marco de referencia. Varía de 0 a 1.

Edificaciones: es la superficie edificada respecto a la superficie de parcela. Se valora en 0,4.

Consumo de agua: es el agua que consumirá la actividad, frente al total consumo de agua de la zona. Se valora en 0,2.

Circulación de vehículos: son los nuevos vehículos que aportará la actividad, frente a los que hay en la zona. Valorado en 0,02.

Generación de empleo: nuevos puestos de trabajo frente al paro total de la zona. Valorado en 0,01.

Consumo de electricidad: electricidad que consumirá la actividad, frente al consumo total de la zona. Se valora en 0,03.

Residuos no tóxicos: residuos añadidos, frente a los residuos que genera la zona en total. Valorado en 0,01.

**Peso del impacto (P):** es un factor altamente subjetivo. Hay muchas referencias establecidas, y mucha bibliografía (Por ejemplo, la del profesor Gómez Orea, 1988). Su valor se encuentra en la matriz de valoración.

**Producto:** se obtiene multiplicando la importancia del impacto, la magnitud relativa y el peso del impacto. Los resultados se obtienen en la matriz de importancia.

## Matriz de importancia

Elementos del medio		Edificaciones	Consumo de agua	Circulación de vehículos	Generación de empleo	Consumo de electricidad	Residuos no tóxicos
Medio físico	Suelo	86,4		12,96			2,7
	Aguas superficiales		24				
Medio biótico	Vegetación			12,96			
Medio socio económico	Agricultura	124,8			6,3		3
	Sector industrial				31,98	9	
	Sector construcción	733,2					

Tabla 79. Matriz de importancia

## RESULTADOS

A la vista de los resultados obtenidos en la matriz de importancia se clasifican los impactos en compatibles, moderados, severos y críticos, en función del valor de  $I$ , importancia del impacto, debido a que es el factor más importante.

### ***Impactos compatibles $I \leq 19$***

Edificación / Suelo (18)

Circulación de vehículos / Suelo (18)

Circulación de vehículos / Vegetación (18)

### ***Impactos moderados $31 > I > 19$***

Edificación / Agricultura (26)

Consumo de agua / Agua superficial (30)

Consumo de electricidad / Sector industrial (30)

Residuos no tóxicos / Suelo (27)

Residuos no tóxicos / Agricultura (25)

***Impactos severos  $53 > I > 31$***

Edificación / Sector construcción (39)

Generación de empleo / Sector industrial (35)

Generación de empleo / Sector agrícola (39)

***Impactos críticos  $I > 53$***

NINGUNO





## **7 Estudio de seguridad y salud**

### **7.1 OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

#### **7.1.1 OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene como objeto servir de base para que las Empresas Contratistas y cualesquiera otras que participen en la ejecución de las obras a que hace referencia el proyecto en el que se encuentra incluido este Estudio, las lleven a efecto en las mejores condiciones que puedan alcanzarse respecto a garantizar el mantenimiento de la salud, la integridad física y la vida de los trabajadores de las mismas, cumpliendo así lo que ordena en su articulado el R.D. 1627/97 de 24 de Octubre (B.O.E. de 25/10/97).

#### **7.1.2 ESTABLECIMIENTO POSTERIOR DE UN PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA**

El Estudio de Seguridad y Salud, debe servir también de base para que las Empresas Constructoras, Contratistas, Subcontratistas y trabajadores autónomos que participen en las obras, antes del comienzo de la actividad en las mismas, puedan elaborar un Plan de Seguridad y Salud tal y como indica el articulado del Real Decreto citado en el punto anterior.

En dicho Plan podrán modificarse algunos de los aspectos señalados en este Estudio con los requisitos que establece la mencionada normativa. El citado Plan de Seguridad y Salud es el que, en definitiva, permitirá conseguir y mantener las condiciones de trabajo necesarias para proteger la salud y la vida de los trabajadores durante el desarrollo de las obras que contempla este E.S.S.

## **7.2 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

### **7.2.1 TIPO DE OBRA**

La obra, objeto de este Estudio de Seguridad y Salud consiste en la ejecución de las diferentes fases de obra e instalaciones para desarrollar posteriormente la actividad de: climatización mediante energía geotérmica de un edificio de oficinas

### **7.2.2 SITUACIÓN DEL TERRENO Y/O LOCALES DE LA OBRA**

Calle y Número: Tomás Redondo, nº1

Ciudad: Madrid

Provincia: Madrid

### **7.2.3 ACCESOS Y COMUNICACIONES**

Desde la calle citada anteriormente se accede directamente a la planta baja y recepción del edificio. Cada una de las siete plantas (desde la planta baja a la sexta planta, ambas inclusive), está compuesta de oficinas y despachos destinados a la administración de la sociedad de la que el edificio es sede principal, Iberdrola.

### **7.2.4 SERVICIOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN AFECTADOS POR LA OBRA**

Red de agua potable

Red subterránea de electricidad

Red aérea de electricidad

## **7.2.5 DENOMINACIÓN DE LA OBRA**

La obra, objeto de este Estudio de Seguridad y Salud consiste en la ejecución de las diferentes fases de obra e instalaciones para desarrollar posteriormente la actividad de: climatización mediante energía geotérmica de un edificio de oficinas

## **7.3 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **7.3.1 AUTOR DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Nombre y Apellidos: Delia Rodríguez Álvarez

Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

Universidad: Carlos III de Madrid

### **7.3.2 PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA**

El presupuesto total de la obra asciende a la cantidad de ochocientos noventa y siete mil, novecientos noventa y tres euros y veintitrés céntimos de euro, 897.993,23 €.

### **7.3.3 PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO**

El plazo de ejecución se estima en 297 días, que completan casi la totalidad de DIEZ MESES.

### **7.3.4 NÚMERO DE TRABAJADORES**

Durante la ejecución de las obras se estima la presencia en las obras de 10 trabajadores aproximadamente.

### **7.3.5 RELACIÓN RESUMIDA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR**

Mediante la ejecución de las fases de obra antes citadas que, componen la parte técnica del proyecto al que se adjunta este E.S.S., se pretende la realización de la excavación de los sondeos e instalación de los mismos.

### **7.4 FASES DE OBRA CON IDENTIFICACION DE RIESGOS**

Durante la ejecución de los trabajos se plantea la realización de las siguientes fases de obras con identificación de los riesgos que conllevan:

#### **7.4.1 ALBAÑILERÍA**

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

Quemaduras físicas y químicas.

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Ambiente pulvígeno.

Aplastamientos.

Atropellos y/o colisiones.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caída ó colapso de andamios.

Caídas de personas a distinto nivel.

Caídas de personas al mismo nivel.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Cuerpos extraños en ojos.

Derrumbamientos.

Desprendimientos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Hundimientos.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

Vuelco de máquinas y/o camiones.

Caída de personas de altura.

#### **7.4.2 ESTRUCTURAS METÁLICAS. COLOCACIÓN DE PERFILES Y CERCHAS**

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Atropellos y/o colisiones.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caída ó colapso de andamios.

Caídas de personas a distinto nivel.

Caídas de personas al mismo nivel.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Cuerpos extraños en ojos.

Derrumbamientos.

Exposición a fuentes luminosas peligrosas.

Golpe por rotura de cable.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

Vuelco de máquinas y/o camiones.

Caída de personas de altura.

### **7.4.3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS BAJA TENSIÓN**

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

Quemaduras físicas y químicas.

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Ambiente pulvígeno.

Animales y/o parásitos.

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Atropellos y/o colisiones.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas a distinto nivel.

Caídas de personas al mismo nivel.

Contactos eléctricos directos.

Cuerpos extraños en ojos.

Desprendimientos.

Exposición a fuentes luminosas peligrosas.

Golpe por rotura de cable.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

Vuelco de máquinas y/o camiones.

Caída de personas de altura.

#### **7.4.4 AIRE ACONDICIONADO**

Ambiente pulvígeno.

Aplastamientos.

Caída ó colapso de andamios.

Caídas de personas a distinto nivel.

Contagios derivados de insalubridad ambiental de la zona.

Desprendimientos.

Pisada sobre objetos punzantes.

Inhalación de sustancias tóxicas.

Sobreesfuerzos.

Caída de personas de altura.

### 7.4.5 CALEFACCIÓN

Ambiente pulvígeno.

Aplastamientos.

Caídas de personas a distinto nivel.

Cuerpos extraños en ojos.

Desprendimientos.

Pisada sobre objetos punzantes.

Inhalación de sustancias tóxicas.

Sobreesfuerzos.

Caída de personas de altura.

### 7.4.6 FALSOS TECHOS

Ambiente pulvígeno.

Aplastamientos.

Caída ó colapso de andamios.

Caídas de personas a distinto nivel.

Cuerpos extraños en ojos.

Desprendimientos.

Pisada sobre objetos punzantes.

Inhalación de sustancias tóxicas.

Sobreesfuerzos.



### **7.4.7 SOLADOS Y ALICATADOS**

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

Quemaduras físicas y químicas.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caída ó colapso de andamios.

Caídas de personas a distinto nivel.

Caídas de personas al mismo nivel.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Cuerpos extraños en ojos.

Desprendimientos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

Caída de personas de altura.

### **7.4.8 PINTURA**

Quemaduras físicas y químicas.

Atmósferas tóxicas, irritantes.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caída ó colapso de andamios.

Caídas de personas a distinto nivel.

Caídas de personas al mismo nivel.

Contactos eléctricos directos.

Cuerpos extraños en ojos.

Sobreesfuerzos.

## ***7.5 RELACIÓN DE MEDIOS HUMANOS Y TÉCNICOS PREVISTOS CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS***

Se describen a continuación los medios humanos y técnicos que se prevé utilizar para el desarrollo de este proyecto.

De conformidad con lo indicado en el R.D. 1627/97 de 24/10/97 se identifican los riesgos inherentes a tales medios técnicos.

### **7.5.1 MAQUINARIA**

#### **Bomba de hormigonado**

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.
- Quemaduras físicas y químicas.
- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos directos.

- Cuerpos extraños en ojos.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.
- Cabestrante o maquinillo.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Golpe por rotura de cable.
- Caída de personas de altura.

### **Camión grúa**

- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Contactos eléctricos directos.
- Desprendimientos.

- Golpe por rotura de cable.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Vibraciones.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.

### **Camión hormigonera**

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.
- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Contactos eléctricos directos.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Vibraciones.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.

### **Carretillas elevadoras**

- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Ambiente pulvígeno.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Golpe por rotura de cable.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Vibraciones.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.

### **Cortadora de pavimento**

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

Quemaduras físicas y químicas.

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Ambiente pulvígeno.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Cuerpos extraños en ojos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Inhalación de sustancias tóxicas.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

### **Grupo electrógeno**

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caídas de personas al mismo nivel.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

## **7.5.2 MEDIOS DE TRANSPORTE**

### **Carretilla manual**

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Contenedores de escombros**

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

Ambiente pulvígeno.

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Atropellos y/o colisiones.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas a distinto nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Contenedores de recortes**

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Atropellos y/o colisiones.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas a distinto nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Palets**

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Sacos textiles para evacuación de escombros**

Ambiente pulvígeno.

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

## **7.5.3 MEDIOS AUXILIARES**

### **Letreros de advertencia a terceros**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.



### **Listones, llatas, tableros, tablones**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Pasarelas para superar huecos horizontales**

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Aplastamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Pasarelas para vías de circulación**

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Aplastamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Pasarelas para vías de paso**

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Aplastamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Señales de seguridad, vallas y balizas de advertencia e indicación de riesgos**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Sondas**

Caídas de personas a distinto nivel.

### **Tablones, tabloncillos, llatas y tableros**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Incendios.

Sobreesfuerzos.

### **Útiles y herramientas accesorias**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

## 7.5.4 HERRAMIENTAS

### - Atornilladoras con y sin alimentador

Quemaduras físicas y químicas.

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Cuerpos extraños en ojos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### Chequeador portátil de la instalación (Polímetro, Telurómetro, etc)

Caída de objetos y/o de máquinas.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

### Compresor

Atrapamientos.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Cuerpos extraños en ojos.

Explosiones.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

### **Grupo de soldadura**

Quemaduras físicas y químicas.

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Atmósfera anaerobia (con falta de oxígeno) producida por gases inertes.

Atmósferas tóxicas, irritantes.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Cuerpos extraños en ojos.

Exposición a fuentes luminosas peligrosas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Incendios.

Inhalación de sustancias tóxicas.

### **Tronzadora**

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Ambiente pulvígeno.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Cuerpos extraños en ojos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

### **Herramientas hidroneumáticas**

#### **Curvadora de tubos**

Quemaduras físicas y químicas.

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Cuerpos extraños en ojos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

### **Grupo de presión**

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

Ruido.

### **Herramientas de mano**

#### **Bolsa porta herramientas**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

#### **Brochas, pinceles, rodillos**

Quemaduras físicas y químicas.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

#### **Caja completa de herramientas dieléctricas homologadas**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Cizalla cortacables**

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Sobreesfuerzos.

### **Cortadora de tubos**

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Cuerda de servicio**

Quemaduras físicas y químicas.

Atrapamientos.

Sobreesfuerzos.

### **Destornilladores, berbiquies**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Sobreesfuerzos.

### **Hacha, serrucho**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Lijas, cepillos, gubias, escofinas, formones**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Marcador con punta de diamante**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Nivel, regla, escuadra y plomada**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Pelacables**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Pico, pala, azada, picola**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.



Sobreesfuerzos.

### **Rastrillo**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Reglas, escuadras, cordeles, gafas, nivel, plomada**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Sierra de arco**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Cuerpos extraños en ojos.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Tenazas, martillos, alicates**

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

## **Tijeras**

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

## **7.5.5 TIPOS DE ENERGÍA**

### **Agua**

Inundaciones.

### **Aire comprimido**

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Cuerpos extraños en ojos.

Explosiones.

Ruido.

Trauma sonoro.

### **Electricidad**

Quemaduras físicas y químicas.

Contactos eléctricos directos.

Contactos eléctricos indirectos.

Exposición a fuentes luminosas peligrosas.

Incendios.

### **Esfuerzo humano**

Sobreesfuerzos.

### **Butano y Propano**

Deflagraciones.

Derrumbamientos.

Desprendimientos.

Explosiones.

Incendios.

### **Reactivos químicos dilatadores**

Quemaduras físicas y químicas.

## **7.5.6 MATERIALES**

### **Aguas**

Inundaciones.

### **Alambre de atar**

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Anclajes de cable o barra de acero de alta resistencia**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Áridos ligeros**

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Ambiente pulvígeno.

### **Armaduras**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Cables de conducción de radiofrecuencia (coaxial, bipolar) y accesorios**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Cables, mangueras eléctricas y accesorios**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Cajetines, regletas, andajes, prensacables**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Cemento**

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

Quemaduras físicas y químicas.

Ambiente pulvígeno.

Sobreesfuerzos.

### **Cinta adhesiva**

### **Disolventes, desengrasantes, desoxidantes**

Quemaduras físicas y químicas.

Atmósferas tóxicas, irritantes.

Incendios.

Inhalación de sustancias tóxicas.

### **Escombros**

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

Ambiente pulvígeno.

Aplastamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Espárragos**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

### **Espumas y materiales para aislamiento térmico**

Incendios.

Inhalación de sustancias tóxicas.

### **Estopas, teflones**

Incendios.

### **Ferralla de distintos diámetros**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Sobreesfuerzos.

### **Grapas, abrazaderas y tornillería**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

### **Guías, sopandas y herrajes**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Sobreesfuerzos.

### **Hormigón**

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Cuerpos extraños en ojos.

### **Junquillos de madera y metálicos, perfiles de goma**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Juntas**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

### **Radiadores, convectores, bombas de calor, calderas y accesorios**

Quemaduras físicas y químicas.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Explosiones.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Rasillas y losetas de impermeabilización**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Siliconas, masillas y cementos químicos**

Quemaduras físicas y químicas.

Atmósferas tóxicas, irritantes.

Inhalación de sustancias tóxicas.

### **Soportes, mástiles, torretas**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.



## **Tierras**

Ambiente pulvígeno.

## **Tornillería**

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Pisada sobre objetos punzantes.

Sobreesfuerzos.

## **Trapos**

Caídas de personas al mismo nivel.

Incendios.

## **Tuberías cobre y accesorios**

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Tuberías en distintos materiales (cobre, hierro, PVC, fibrocemento, hormigón) y accesorios**

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Tubos de conducción (corrugados, rígidos, etc)**

Aplastamientos.

Atrapamientos.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Caídas de personas al mismo nivel.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

### **Yesos, estopas y alambres**

Quemaduras físicas y químicas.

Caída de objetos y/o de máquinas.

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

Sobreesfuerzos.

## **7.5.7 MANO DE OBRA, MEDIOS HUMANOS**

Responsable técnico: Arquitecto

Responsable técnico: Ingeniero Técnico Industrial

Jefe de Obra

Encargado de Obra

Oficiales

Ayudantes

Peones

## **7.6 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS**

### **7.6.1 PROTECCIONES COLECTIVAS**

GENERALES:

Señalización

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- A) Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- B) Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- C) Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- D) Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

## Tipos de señales:

### En forma de panel:

#### Señales de advertencia

Forma:	Triangular
Color de fondo	Amarillo
Color de contraste:	Negro
Color de Símbolo:	Negro

#### Señales de prohibición:

Forma:	Redonda
Color de fondo:	Blanco
Color de contraste:	Rojo
Color de Símbolo:	Negro

#### Señales de obligación:

Forma:	Redonda
Color de fondo:	Azul
Color de Símbolo:	Blanco

#### Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:

Forma:	Rectangular o cuadrada:
Color de fondo:	Rojo
Color de Símbolo:	Blanco

#### Señales de salvamento o socorro:

Forma:	Rectangular o cuadrada:
Color de fondo:	Verde

Color de Símbolo:

Blanco

### Cinta de señalización

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los antes dichos paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45º.

### Cinta de delimitación de zona de trabajo

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

Iluminación (anexo IV del R.D. 486/97 de 14/4/97)

Zonas o partes del lugar de trabajo	Nivel mínimo de iluminación (lux)
-------------------------------------	-----------------------------------

Zonas donde se ejecuten tareas con:

1º Baja exigencia visual	100
2º Exigencia visual moderada	200
3ª Exigencia visual alta	500
4º Exigencia visual muy alta	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	25
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

En áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choque u otros accidentes.

En las zonas donde se efectúen tareas, y un error de apreciación visual durante la realización de las mismas, pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad.

Portátiles manuales de alumbrado eléctrico: 24 voltios.

Prohibición total de utilizar iluminación de llama.

Protección de personas en instalación eléctrica

Instalación eléctrica ajustada al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y hojas de interpretación, certificada por instalador autorizado.

En aplicación de lo indicado en el apartado 3A del Anexo IV al R.D. 1627/97 de 24/10/97, la instalación eléctrica deberá satisfacer, además, las dos siguientes condiciones:

Deberá proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañe peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

Los cables serán adecuados a la carga que han de soportar, conectados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindados e interconexionados con uniones antihumedad y antichoque. Los fusibles blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.

Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con un valor máximo de la resistencia de 80 Ohmios. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.

Las tomas de corriente estarán provistas de conductor de toma a tierra y serán blindadas.

Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidos por fusibles blindados o interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión:  $3,3 + \text{Tensión (en KV)} / 100$  (ante el desconocimiento del voltaje de la línea, se mantendrá una distancia de seguridad de 5 m.).

Tajos en condiciones de humedad muy elevadas:

Es preceptivo el empleo de transformador portátil de seguridad de 24 V o protección mediante transformador de separación de circuitos.

Se acogerá a lo dispuesto en la MIBT 028 (locales mojados).

#### Andamios tubulares apoyados en el suelo

Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente (Anexo IV del R.D. 1627/97 de 24/10/97).

Previamente a su montaje se habrán de examinar en obra que todos su elementos no tengan defectos apreciables a simple vista, calculando con un coeficiente de seguridad igual o superior a 4 veces la carga máxima prevista de utilización.

Las operaciones de montaje, utilización y desmontaje, estarán dirigidas por persona competente para desempeñar esta tarea, y estará autorizado para ello por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, el Responsable Técnico del Contratista Principal a pie de obra o persona delegada por la Dirección Facultativa de la obra. Serán revisados periódicamente y después de cada modificación, periodo de no utilización, exposición a la intemperie, sacudida sísmica o cualquier otra circunstancia que pudiera afectar a su resistencia o estabilidad.

En el andamio tubular no se deberá aplicar a los pernos un par de apriete superior al fijado por el fabricante, a fin de no sobrepasar el límite elástico del acero restando rigidez al nudo.

Se comprobará especialmente que los módulos de base queden perfectamente nivelados, tanto en sentido transversal como longitudinal.

El apoyo de las bases de los montantes se realizará sobre durmientes de tablones, carriles (perfiles en "U") u otro procedimiento que reparta uniformemente la carga del andamio sobre el suelo.

Durante el montaje se comprobará que todos los elementos verticales y horizontales del andamio estén unidos entre sí y arrostrados con las diagonales correspondientes.

Se comprobará durante el montaje la verticalidad de los montantes. La longitud máxima de los montantes para soportar cargas comprendidas entre  $125 \text{ kg/m}^2$ , no será superior a 1,80 m.

Para soportar cargas inferiores a  $125 \text{ kg/m}^2$ , la longitud máxima de los montantes será de 2,30 m.

Se comprobará durante el montaje la horizontalidad entre largueros. La distancia vertical máxima entre largueros consecutivos no será superior a 2 m.

Los montantes y largueros estarán grapados sólidamente a la estructura, tanto horizontal como verticalmente, cada 3 m. como mínimo. Únicamente pueden instalarse aisladamente los andamios de estructura tubular cuando la plataforma de trabajo esté a una altura no superior a cuatro veces el lado más pequeño de su base.

En el andamio de pórticos, se respetará escrupulosamente las zonas destinadas a albergar las zancas interiores de escaleras así como las trampillas de acceso al interior de las plataformas.

En el caso de tratarse de algún modelo carente de escaleras interiores, se dispondrá lateralmente y adosada, una torre de escaleras completamente equipada, o en último extremo una escalera "de gato" adosada al montante del andamio, equipada con aros salva caídas o sirga de amarre tensada verticalmente para anclaje del dispositivo de deslizamiento y retención del cinturón anti caídas de los operarios.

Las plataformas de trabajo serán las normalizadas por el fabricante para sus andamios y no se depositarán cargas sobre los mismos salvo en las necesidades de uso inmediato y con las siguientes limitaciones:

Quedará un pasaje mínimo de 0,60 m. libre de todo obstáculo (anchura mínima de la plataforma con carga 0,80 m.).

El peso sobre la plataforma de los materiales, máquina, herramientas y personas, será inferior a la carga de trabajo prevista por el fabricante.

Reparto uniforme de cargas, sin provocar desequilibrios.

La barandilla perimetral dispondrá de todas las características reglamentarias de seguridad enunciadas anteriormente.



El piso de la plataforma de trabajo sobre los andamios tubulares de pórtico, será la normalizada por el fabricante. En aquellos casos que excepcionalmente se tengan que realizar la plataforma con madera, responderán a las características establecidas más adelante.

Bajo las plataformas de trabajo se señalará o balizará adecuadamente la zona prevista de caída de materiales u objetos.

Se inspeccionará semanalmente el conjunto de los elementos que componen el andamio, así como después de un período de mal tiempo, heladas o interrupción importante de los trabajos.

No se permitirá trabajar en los andamios sobre ruedas, sin la previa inmovilización de las mismas, ni desplazarlos con persona alguna o material sobre la plataforma de trabajo.

El espacio horizontal entre un paramento vertical y la plataforma de trabajo, no podrá ser superior a 0,30 m., distancia que se asegurará mediante el anclaje adecuado de la plataforma de trabajo al paramento vertical. Excepcionalmente la barandilla interior del lado del paramento vertical podrá tener en este caso 0,60 m. de altura como mínimo.

Las pasarelas o rampas de intercomunicación entre plataformas de trabajo tendrán las características enunciadas más adelante.

Señales óptico-acústicas de vehículos de obra

Las máquinas auto-portantes que puedan intervenir en las operaciones de manutención deberán disponer de:

Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberá permitir su correcta identificación, Anexo IV del R.D. 485/97 de 14/4/97.

Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás, Anexo I del R.D. 1215/97 de 18/7/97.

Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.

En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destelleante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.

Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.

Dispositivo de balizamiento de posición y preseñalización (lamas, conos, cintas, mallas, lámparas destelleantes, etc.).

Aparatos elevadores

Deberán ajustarse a su normativa específica, pero en cualquier caso, deberán satisfacer igualmente las condiciones siguientes (Art. 6C del Anexo IV del R.D. 1627/97):

Todos sus accesorios serán de buen diseño y construcción, teniendo resistencia adecuada para el uso al que estén destinados

Instalarse y usarse correctamente

Mantenerse en buen estado de funcionamiento

Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido formación adecuada

Presentarán, de forma visible, indicación sobre la carga máxima que puedan soportar

No podrán utilizarse para fines diferentes de aquellos a los que estén destinados.

Durante la utilización de los mencionados aparatos elevadores, en aras a garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos:

Seguridad de traslación:

Se coloca en la parte inferior de la grúa torre, adosada a la base y consiste normalmente en un microrruptor tipo "lira" o similar, que al ser accionado por un resbalón colocado en ambos extremos de la vía, detiene la traslación de la grúa en el sentido deseado y permite que se traslade en sentido opuesto. Los resbalones se colocan como mínimo 1 m antes de los topes de la vía y éstos un metro antes del final del carril, de esta forma queda asegurada eléctrica y mecánicamente la parada correcta de la traslación de la grúa.

Seguridad de momento de vuelco:

Es la medida preventiva más importante de la grúa, dado que impide el trabajar con cargas y distancias que pongan en peligro la estabilidad de la grúa.

En las grúas torre normales, la seguridad de momento consiste en una barra situada en alguna zona de la grúa que trabaje a tracción (p. e. atado de tirante) y que dicha tracción sea proporcional al momento de vuelco de la carga. En las grúas autodesplegables, éste dispositivo de seguridad va colocado en el tirante posterior. En ambos casos, se gradúa la seguridad de tal forma que no corte con la carga nominal en punta de flecha y corte los movimientos de "elevación y carro adelante", al sobrecargar por encima de la carga nominal en punta de flecha.

En grúas de gran tamaño, puede ser interesante el disponer de dos sistemas de seguridad antivuelco, graduados para carga en punta y en pie de flecha, por variación de sensibilidad.

A su vez, el sistema de seguridad puede ser de una etapa (o corte directo) o de tres etapas con aviso previo (bocina, luz y corte).

Seguridad de carga máxima:

Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cabestrante de elevación, es decir, por la carga nominal del pie de flecha.

Normalmente van montadas en pie de flecha o contraflecha y están formadas por arandelas tipo "Schnrr", accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un microrruptor que impide la elevación de la carga y en algunos modelos, también que el carro se traslade hacia adelante.

Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10%.

Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación:

Consiste en dos microrruptores, que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descenso del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De ésta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.

Seguridad de final de recorrido de carro:

Impide que el carro se traslade más adelante o más atrás que los puntos deseados en ambos extremos de la flecha. Su actuación se realiza mediante un reductor que acciona dos levas

excéntricas que actúan sobre dos microrruptores, que cortan el movimiento adelante en punta de flecha y atrás en pié de flecha.

Como complemento, y más hacia los extremos, se encuentran los topes elásticos del carro que impiden que éste se salga de las guías, aunque fallen los dispositivos de seguridad.

Seguridad de final de recorrido de orientación:

Este sistema de seguridad es de sumo interés cuando se hace preciso regular el campo de trabajo de la grúa en su zona de orientación de barrido horizontal (pe. en presencia de obstáculos tales como edificios u otras grúas). Normalmente consiste en una rueda dentada accionada por la corona y que a través de un reductor, acciona unas levas que actúan sobre los correspondientes microrruptores.

Funciona siempre con un equipo limitador de orientación, que impide que la grúa de siempre vueltas en el mismo sentido. El campo de reglaje es de 1/4 de vuelta a 4 vueltas y permite que la "columna montante" del cable eléctrico no se deteriore por torsión.

En las grúas con cabestrante en mástil o "parte fija" ayuda a la buena conservación del cable de elevación.

Anemómetro:

Sirve para avisar y detener la grúa cuando la velocidad del viento sobrepasa determinados valores. Se ajustarán normalmente para avisar (bocina) entre 40 - 50 Km. /h y para parar la grúa entre 50 - 60 Km. /h.

Consiste en un anemómetro provisto de 2 microrruptores colocados de forma que su accionamiento se efectúe a las velocidades previstas. El anemómetro debe colocarse en los lugares de la grúa más expuestos a la acción del viento (p.e. en punta de torreta).

Seguridades eléctricas de sobrecarga:

Sirven para proteger los motores de elevación de varias velocidades, impidiendo que se puedan elevar las cargas pesadas a velocidades no previstas. Para ello, existe un contactor auxiliar que sólo permite pasar por ejemplo de 2ª a 3ª velocidad, cuando la carga en 2ª da un valor en Amperios menor al predeterminado. Este sistema de seguridad suele ser independiente de los relés térmicos.

Punteado para paso de simple a doble reenvío:

En las grúas provistas de carro para doble reenvío, es necesario, para efectuar el paso de simple a doble reenvío, o a la inversa, el anular los sistemas de seguridad de final de recorrido de gancho arriba y carro atrás.

Esta anulación se consigue pulsando un botón del cuadro de mandos (SHUNTAJE) que anula, puenteándolos, dichos sistemas. Una vez efectuado el paso de simple a doble reenvío, hay que anular nuevamente éste puenteo, mediante la desconexión y una nueva conexión a la grúa.

Normas de carácter general, en el uso de aparatos elevadores:

Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.

Las eslingas llevarán estampilladas en los casquillos prensados la identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.

De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.

En las fases de transporte y colocación de los encofrados, en ningún momento los operarios estarán debajo de la carga suspendida. La carga deberá estar bien repartida y las eslingas o cadenas que la sujetan deberán tener argollas ó ganchos con pestillo de seguridad. Deberá tenerse en cuenta lo indicado en el apartado 3 del Anexo II del R.D. 1215/97 de 18/7/97.

El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los licitadores de giro, si los tuviera.

Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los comandos de la grúa no se corresponden con los movimientos de la misma, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección técnica de la obra o al Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.

No realizar nunca tiros sesgados.

No deben ser accionados manualmente los contactores e inversores del armario eléctrico de la grúa. En caso de avería deberá ser subsanado por personal especializado.

No se dejará caer el gancho de la grúa al suelo.

Nunca se dará más de una vuelta a la orientación en el mismo sentido, para evitar el retorcimiento del cable de elevación.

Cuando existan zonas del centro de trabajo que no queden dentro del campo de visión del gruista, será asistido por uno o varios trabajadores que darán las señales adecuadas para la correcta carga, desplazamiento y parada. Tales señales son las llamadas Señales Gestuales Codificadas que recoge el Anexo VI del R.D. 485/97 de 14/4/97.

Al terminar el trabajo se dejará desconectada la grúa y se pondrá la pluma en veleta. Si la grúa es sobre raíles se sujetará mediante las correspondientes mordazas.

Al término de la jornada de trabajo, se pondrán los mandos a cero, no se dejarán cargas suspendidas y se desconectará la corriente eléctrica en el cuadro secundario.

#### **7.6.1.1 PROTECCIONES COLECTIVAS PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA**

##### **ALBAÑILERIA**

Protección contra caídas de altura de personas u objetos

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Cuerda de retenida

Utilizada para posicionar y dirigir manualmente la canal de derrame del hormigón, en su aproximación a la zona de vertido, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabroteada de 12 mm. de diámetro, como mínimo.

Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza

Las aperturas de huecos horizontales sobre los forjados, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallazo electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño.

Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo "seta" o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar sobre ellos.

En aquellas zonas que sean necesarios, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas.

Condena de huecos horizontales con mallazo

Confeccionada con mallazo electrosoldado de redondo de diámetro mínimo 3 mm. y tamaño máximo de retícula de 100 x 100 mm., embebido perimetralmente en el zuncho de hormigón, capaz de garantizar una resistencia  $> 1.500 \text{ N/m}^2$  (150 kg/m<sup>2</sup>).

## **DEMOLICIÓN MANUAL**

Protección contra caídas de altura de personas u objetos

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Cuerda de retenida

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Sirgas

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Accesos y zonas de paso. Orden y Limpieza.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Protección contra caídas de altura de personas y objetos

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Marquesinas fijas

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Prevención de incendios, orden y limpieza

Si las zanjas o pozos entran en contacto con zonas que albergan o transportan sustancias de origen orgánico o industrial, deberán adoptarse precauciones adicionales respecto a la presencia de residuos tóxicos, combustibles, deflagrantes, explosivos o biológicos.

Junto al equipo de oxicorte y en cada una de las cabinas de la maquinaria utilizada en la demolición se dispondrá de un extintor.

La evacuación rápida del personal interior de la excavación debe quedar garantizada por la retirada de objetos en el fondo de zanja, que puedan interrumpir el paso.

Las zanjas de más de 1,30 m. de profundidad, estarán provistas de escaleras preferentemente de aluminio, que rebasen 1 m. sobre el nivel superior del corte, disponiendo una escalera por cada 15 m. de zanja abierta o fracción de este valor, que deberá estar correctamente arriostrada transversalmente.

Las bocas de los pozos deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas, preferiblemente prefabricadas de metal o en su defecto realizadas "in situ", de una anchura mínima de 1 m., dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 kg. de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna.

El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de la excavación igual o superior a la mitad de su profundidad (multiplicar por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 cm.

El acopio y estabilidad de los escudos metálicos de entibación deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para este tipo de entibados.

La madera de entibar estará clasificada según usos y limpias de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada.

Altura máxima de la pila (tablones estacados y arriostrados lateralmente): 1 m.



## **ESTRUCTURAS METALICAS. COLOCACION DE PERFILES Y CERCHAS**

Protección contra caídas de altura de personas u objetos

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Cuerda de retenida

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Sirgas

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Accesos y zonas de paso. Orden y Limpieza.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Eslingas de cadena

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Eslingas de cable

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Plataformas de trabajo

Las plataformas de madera tradicionales deberán reunir las siguientes características mínimas:

Anchura mínima 60 cm. (tres tablones de 20 cm. de ancho).

La madera deberá ser de buena calidad sin grietas ni nudos. Será elección preferente el abeto sobre el pino.

Escuadra de espesor uniforme sin alabeos y no inferior a 7 cm. de canto (5 cm. si se trata de abeto).

Longitud máxima entre apoyos de tablones 2,50 m.

Los elementos de madera no pueden montar entre sí formando escalones ni sobresalir en forma de llantas, de la superficie lisa de paso sobre las plataformas.

No puede volar más de cuatro veces su propio espesor (máximo 20 cm.).

Estarán sujetos por lías o sargentos a la estructura portante.

Las zonas perimetrales de las plataformas de trabajo así como los accesos, pasos y pasarelas a las mismas, susceptibles de permitir caídas de personas u objetos desde más de 2 m. de altura, estarán protegidos con barandillas de 90 cm. de altura, equipada con listones intermedios y rodapiés de 20 cm. de altura, de construcción segura y suficientemente resistente.

La distancia entre el paramento y plataforma será tal, que evite la caída de los operarios. En el caso de que no se pueda cubrir el espacio entre la plataforma y el paramento, se habrá de cubrir el nivel inferior, sin que en ningún caso supere una altura de 1,80 m.

Para acceder a las plataformas, se instalarán medios seguros. Las escaleras de mano que comuniquen los diferentes pisos del andamio habrán de salvar cada una la altura de dos pisos seguidos. La distancia que han de salvar no sobrepasará 1,80 m.

Cuando se utilicen andamios móviles sobre ruedas, se usarán dispositivos de seguridad que eviten cualquier movimiento, bloqueando adecuadamente las ruedas; para evitar la caída de andamios, se fijaran a la fachada o pavimento con suficientes puntos de amarre, que garanticen su estabilidad. Nunca se amarrarán a tubos de gas o a otro material. No se sobrecargarán las plataformas más de lo previsto en el cálculo.

## **FALSOS TECHOS**

Protección contra caídas de altura de personas u objetos

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Cuerda de retenida

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Sirgas

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Accesos y zonas de paso. Orden y Limpieza.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Plataformas de carga y descarga

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Eslingas de cadena

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Eslingas de cable

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

## **INSTALACIONES ELÉCTRICAS BAJA TENSIÓN**

Protección contra caídas de altura de personas u objetos

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Cuerda de retenida

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Sirgas

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Accesos y zonas de paso. Orden y Limpieza.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Eslingas de cadena

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Eslingas de cable

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

## **PINTURA**

Protección contra caídas de altura de personas u objetos

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Cuerda de retenida

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Sirgas

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Accesos y zonas de paso. Orden y Limpieza.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Toldos

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

## **SOLADOS Y ALICATADOS**

Cuerda de retenida

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Sirgas

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Accesos y zonas de paso. Orden y Limpieza.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Plataformas de carga y descarga

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Eslingas de cadena

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Eslingas de cable

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

## 7.6.2 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS)

### - Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

Guantes de protección frente a abrasión

Guantes de protección frente a agentes químicos

### - Quemaduras físicas y químicas.

Guantes de protección frente a abrasión

Guantes de protección frente a agentes químicos

Guantes de protección frente a calor

Sombreros de paja (aconsejables contra riesgo de insolación)

### - Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

Calzado con protección contra golpes mecánicos

Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)

Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

### - Ambiente pulvígeno.

Equipos de protección de las vías respiratorias con filtro mecánico

Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)

Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

**- Animales y/o parásitos.**

**- Aplastamientos.**

Calzado con protección contra golpes mecánicos

Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

**- Atmósfera anaerobia (con falta de oxígeno) producida por gases inertes.**

Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado

**- Atmósferas tóxicas, irritantes.**

Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado

Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)

Impermeables, trajes de agua

Mascarilla respiratoria de filtro para humos de soldadura

Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

**- Atrapamientos.**

Calzado con protección contra golpes mecánicos

Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

Guantes de protección frente a abrasión

**- Atropellos y/o colisiones.**

- Caída de objetos y/o de máquinas.

Bolsa portaherramientas

Calzado con protección contra golpes mecánicos

Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

**- Caída o colapso de andamios**

Cinturón de seguridad anticaídas

Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes

**- Caídas de personas a distinto nivel**

Cinturón de seguridad anticaídas

Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes

**- Caídas de personas al mismo nivel**

Bolsa portaherramientas

Calzado de protección sin suela antiperforante

**- Contactos eléctricos directos**

Calzado con protección contra descargas eléctricas

Casco protector de la cabeza contra riesgos eléctricos

Gafas de seguridad contra arco eléctrico

Guantes dieléctricos

**- Contactos eléctricos indirectos**

Botas de agua

**- Contagios derivados de insalubridad ambiental de la zona**

**- Cuerpos extraños en ojos.**

Gafas de seguridad contra proyección de líquidos

Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)

Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

**- Deflagraciones**

**- Derrumbamientos**

**- Desprendimientos**

**- Explosiones**

**- Exposición a fuentes luminosas peligrosas**

Gafas de oxicorte

Gafas de seguridad contra arco eléctrico

Gafas de seguridad contra radiaciones

Mandil de cuero



Manguitos

Pantalla facial para soldadura eléctrica, con arnés de sujeción sobre la cabeza y cristales con visor oscuro inactínico

Pantalla para soldador de oxicorte

Polainas de soldador cubre-calzado

Sombreros de paja (aconsejables contra riesgo de insolación)

**- Golpe por rotura de cable**

Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)

Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

**- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria**

Bolsa portaherramientas

Calzado con protección contra golpes mecánicos

Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

Chaleco reflectante para señalistas y estrobadores

Guantes de protección frente a abrasión

**- Pisada sobre objetos punzantes**

Bolsa portaherramientas

Calzado de protección con suela antiperforante

**- Hundimientos**

**- Incendios**

Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado

**- Inhalación de sustancias tóxicas**

Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado

Mascarilla respiratoria de filtro para humos de soldadura

**- Inundaciones**

Botas de agua

Impermeables, trajes de agua

**- Vibraciones**

Cinturón de protección lumbar

**- Sobreesfuerzos**

Cinturón de protección lumbar

**- Ruido**

Protectores auditivos

**- Trauma sonoro**

Protectores auditivos

**- Vuelco de máquinas y/o camiones**

**- Caída de personas de altura**

Cinturón de seguridad anticaídas

## **7.6.3 PROTECCIONES ESPECIALES**

### **7.6.3.1 GENERALES**

Circulación y accesos en obra:

Se estará a lo indicado en el artículo 11 A del Anexo IV del R.D. 1627/97 de 24/10/97 respecto a vías de circulación y zonas peligrosas.

Los accesos de vehículos deben ser distintos de los del personal, en el caso de que se utilicen los mismos se debe dejar un pasillo para el paso de personas protegido mediante vallas.

En ambos casos los pasos deben ser de superficies regulares, bien compactados y nivelados, si fuese necesario realizar pendientes se recomienda que estas no superen un 11% de desnivel. Todas estas vías estarán debidamente señalizadas y periódicamente se procederá a su control y mantenimiento. Si existieran zonas de acceso limitado deberán estar equipadas con dispositivos que eviten el paso de los trabajadores no autorizados.

El paso de vehículos en el sentido de entrada se señalizará con limitación de velocidad a 10 ó 20 km/h y ceda el paso. Se obligará la detención con una señal de STOP en lugar visible del acceso en sentido de salida.

En las zonas donde se prevé que puedan producirse caídas de personas o vehículos deberán ser balizadas y protegidas convenientemente.

Las maniobras de camiones y/u hormigonera deberán ser dirigidas por un operario competente, y deberán colocarse topes para las operaciones de aproximación y vaciado.

El grado de iluminación natural será suficiente y en caso de luz artificial (durante la noche o cuando no sea suficiente la luz natural) la intensidad será la adecuada, citada en otro lugar de este estudio.

En su caso se utilizarán portátiles con protección antichoques. Las luminarias estarán colocadas de manera que no supongan riesgo de accidentes para los trabajadores (Art. 9).

Si los trabajadores estuvieran especialmente a riesgos en caso de avería eléctrica, se dispondrá iluminación de seguridad de intensidad suficiente.

Protecciones y resguardos en máquinas:

Toda la maquinaria utilizada durante la obra, dispondrá de carcasas de protección y resguardos sobre las partes móviles, especialmente de las transmisiones, que impidan el acceso involuntario de personas u objetos a dichos mecanismos, para evitar el riesgo de atrapamiento.

Protección contra contactos eléctricos.

Protección contra contactos eléctricos indirectos:

Esta protección consistirá en la puesta a tierra de las masas de la maquinaria eléctrica asociada a un dispositivo diferencial.

El valor de la resistencia a tierra será tan bajo como sea posible, y como máximo será igual o inferior al cociente de dividir la tensión de seguridad ( $V_s$ ), que en locales secos será de 50 V y en los locales húmedos de 24 V, por la sensibilidad en amperios del diferencial (A).

Protecciones contra contacto eléctricos directos:

Los cables eléctricos que presenten defectos del recubrimiento aislante se habrán de reparar para evitar la posibilidad de contactos eléctricos con el conductor.

Los cables eléctricos deberán estar dotados de clavijas en perfecto estado a fin de que la conexión a los enchufes se efectúe correctamente.

Los vibradores estarán alimentados a una tensión de 24 voltios o por medio de transformadores o grupos convertidores de separación de circuitos. En todo caso serán de doble aislamiento.

En general cumplirán lo especificado en el presente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

### **7.6.3.2 PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA**

#### **AIRE ACONDICIONADO**

Caída de objetos:

Se evitará el paso de personas bajo las cargas suspendidas; en todo caso se acotarán las áreas de trabajo bajo las cargas citadas.

Las armaduras destinadas a los pilares se colgarán para su transporte por medio de eslingas bien enlazadas y provistas en sus ganchos de pestillo de seguridad.

Preferentemente el transporte de materiales se realizará sobre bateas para impedir el corrimiento de la carga.

Condiciones preventivas del entorno de la zona de trabajo:

Se comprobará que están bien colocadas las barandillas, horcas, redes, mallazo o ménsulas que se encuentren en la obra, protegiendo la caída de altura de las personas en la zona de trabajo.

No se efectuarán sobrecargas sobre la estructura de los forjados, acopiando en el contorno de los capiteles de pilares, dejando libres las zonas de paso de personas y vehículos de servicio de la obra.

Debe comprobarse periódicamente el perfecto estado de servicio de las protecciones colectivas colocadas en previsión de caídas de personas u objetos, a diferente nivel, en las proximidades de las zonas de acopio y de paso.

El apilado en altura de los diversos materiales se efectuará en función de la estabilidad que ofrezca el conjunto.

Los pequeños materiales deberán acopiarse a granel en bateas, cubilotes o bidones adecuados, para que no se diseminen por la obra.

Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable al operario, una provisión de palancas, cuñas, barras, puntales, picos, tablones, bridas, cables, ganchos y lonas de plástico.

Para evitar el uso continuado de la sierra circular en obra, se procurará que las piezas de pequeño tamaño y de uso masivo en obra (p.e. cuñas), sean realizados en talleres especializados. Cuando haya piezas de madera que por sus características tengan que realizarse en obra con la sierra circular, esta reunirá los requisitos que se especifican en el apartado de protecciones colectivas.

Se dispondrá de un extintor de polvo polivalente junto a la zona de acopio y corte.

Acopio de materiales paletizados:

Los materiales paletizados permiten mecanizar las manipulaciones de cargas, siendo en sí una medida de seguridad para reducir los sobreesfuerzos, lumbalgias, golpes y atrapamientos.

También incorporan riesgos derivados de la mecanización, para evitarlos se debe:

Acopiar los palets sobre superficies niveladas y resistentes.

No se afectarán los lugares de paso.

En proximidad a lugares de paso se deben señalizar mediante cintas de señalización.

La altura de las pilas no debe superar la altura que designe el fabricante.

No acopiar en una misma pila palets con diferentes geometrías y contenidos.

Si no se termina de consumir el contenido de un palet se flejará nuevamente antes de realizar cualquier manipulación.

Acopio de materiales sueltos:

El abastecimiento de materiales sueltos a obra se debe tender a minimizar, remitiéndose únicamente a materiales de uso discreto.

Los soportes, cartelas, cerchas, máquinas, etc., se dispondrán horizontalmente, separando las piezas mediante tacos de madera que aíslen el acopio del suelo y entre cada una de las piezas.

Los acopios de realizarán sobre superficies niveladas y resistentes.

No se afectarán los lugares de paso.

En proximidad a lugares de paso se deben señalizar mediante cintas de señalización.

## **ALBAÑILERÍA**

Caída de objetos.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Condiciones preventivas del entorno en estructuras.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de material paletizado.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Se comprobará que están bien colocadas, y sólidamente afianzadas todas las protecciones colectivas contra caídas de altura que puedan afectar al tajo: barandillas, redes, mallazo de retención, ménsulas y toldos.

La zona de trabajo se encontrará limpia de puntas, armaduras, maderas y escombros.

Los huecos horizontales que puedan quedar al descubierto sobre el terreno a causa de los trabajos cuyas dimensiones puedan permitir la caída de personas a su interior, deberán ser condenados al nivel de la cota de trabajo, instalando si es preciso pasarelas completas y reglamentarias para los viandantes o personal de obra.

Las zancas de escalera deberán disponer de peldaño integrado, quedando totalmente prohibida la instalación de patés provisionales de material cerámico, y anclaje de tableros con llantas. Deberán tener barandillas o redes verticales protegiendo el hueco de escalera.

Las armaduras, tolvas de hormigón, puntales, sopandas, riostras, cremalleras, tableros y chapas de encofrar, empleados para la ejecución de una estructura, se transportarán en

bateas adecuadas, o en su defecto, se colgarán para su transporte por medio de eslingas bien enlazadas y provistas en sus ganchos de pestillo de seguridad.

Acopio de áridos:

Se recomienda el aporte a obra de estos materiales mediante tolvas, por las ventajas que representan frente al acopio de áridos sueltos en montículos.

Las tolvas o silos se deben situar sobre terreno nivelado y realizar la cimentación o asiento que determine el suministrador.

Si está próxima a lugares de paso de vehículos se protegerá con vallas empotradas en el suelo de posibles impactos o colisiones que hagan peligrar su estabilidad.

Los áridos sueltos se acopiarán formando montículos limitados por tablonés y/o tableros que impidan su mezcla accidental, así como su dispersión.

## **DEMOLICIÓN MANUAL**

Condiciones generales del centro de trabajo en fase de derribo:

Señala el artículo 12 C del Anexo IV del R.D. 1627/97 que los trabajos de derribo o demolición que puedan suponer un riesgo para los trabajadores deberán estudiarse, planificarse y emprenderse bajo la supervisión de una persona competente y deberán adoptarse las precauciones, métodos y procedimientos apropiados, para ello:

Las zonas en las que puedan producirse desprendimiento o caída de materiales o elementos, procedentes del derribo, sobre personas, máquinas o vehículos, deberán ser señalizadas, balizadas y protegidas convenientemente.

Se deberá establecer un sistema de iluminación provisional de las zonas de paso y de trabajo y las instalaciones interiores, quedarán anuladas y desconectadas, salvo las que fueran necesarias para realizar los trabajos y protecciones.

Los elementos estructurales inestables deberán apearse y ser apuntalados adecuadamente.

Siempre que existan interferencias entre los trabajos de demolición y las zonas de circulación de peatones, máquinas o vehículos, se ordenarán y controlarán mediante personal auxiliar debidamente adiestrado, que vigile y dirija sus movimientos.



Se establecerá una zona de aparcamiento de vehículos y máquinas, así como un lugar de almacenamiento y acopio de materiales inflamables y combustibles (gasolina, gasoil, aceites, grasas, etc.) en lugar seguro fuera de la zona de influencia de los trabajos.

Se seleccionarán las plantas, arbustos y árboles que sea preciso tener en cuenta para su conservación protección, traslado y/o mantenimiento posterior.

En función del uso que ha tenido la construcción a demoler deberán adoptarse precauciones adicionales (p.e. en presencia de residuos tóxicos, combustibles, deflagrantes, explosivos o biológicos).

## **FALSOS TECHOS**

Caída de objetos.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de material paletizado.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de materiales sueltos.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Condiciones preventivas del entorno de la zona de trabajo:

Se comprobará que están bien colocadas las barandillas, redes, mallazo o ménsulas que se encuentren en las inmediaciones de los tajos abiertos para ésta actividad, protegiendo la caída de altura de las personas u objetos en la zona de trabajo.

La zona de acopio de los materiales y plafones, se realizará de conformidad a los siguientes criterios generales:

Si se está trabajando sobre andamios de estructura tubular, el material se depositará sobre una repisa del andamio situada a una cota de 0,75 m. de altura por encima de la plataforma de trabajo del operario, de forma que el operario tenga el suministro de los paneles a la altura de

trabajo. En la medida de lo posible, evitar el empleo de andamios colgantes para la realización de este tipo de trabajos.

No efectuar sobrecargas sobre la estructura de los forjados. Acopiar en el contorno de los capiteles de pilares. Dejar libres las zonas de paso de personas y vehículos de servicio de la obra.

Comprobar periódicamente el perfecto estado de servicio de las protecciones colectivas puestas en previsión de caídas de personas u objetos, a diferente nivel, en las proximidades de las zonas de acopio y de paso.

El apilado en altura de los diversos materiales se efectuará en función de la estabilidad que ofrezca el conjunto. Los pequeños materiales deberán acopiarse a granel en bateas, cubilotes o bidones adecuados, para que no se diseminen por la obra.

## **INSTALACIONES ELÉCTRICAS BAJA TENSIÓN**

Condiciones preventivas del entorno en estructuras.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de material paletizado.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de materiales sueltos.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

## **PINTURA**

Caída de objetos.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de material paletizado.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de materiales sueltos.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de barnices y pinturas:

Se realizará en lugares frescos y ventilados, alejados de la posible zona de evacuación de emergencia de la obra, y de otros almacenamientos de productos inflamables.

Se dispondrá en lugares bien visibles de su entorno y accesos las preceptivas señales de seguridad alertando de su contenido y de la prohibición expresa de encender cualquier tipo de llama o fumar en las inmediaciones.

Se dispondrá de un extintor de polvo polivalente, con el retumbado no caducado y revisado dentro del plazo anual, por cada 5 m<sup>2</sup> de superficie de material de pintura inflamable.

## **SOLADOS Y ALICATADOS**

Caída de objetos.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Condiciones preventivas del entorno en estructuras.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de material paletizado.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Acopio de materiales sueltos.

Protección ya incluida en el presente estudio, véase más arriba.

Condiciones preventivas del entorno de la zona de trabajo:

Se debe establecer un sistema de iluminación provisional de las zonas de paso y trabajo.

Se comprobará que están bien colocadas las barandillas, redes, mallazo o ménsulas que se encuentren en la obra, protegiendo la caída de altura de las personas u objetos en la zona de trabajo.

La zona de acopio del material de agarre y de alicatado, se realizará de conformidad a los siguientes criterios generales:

Si se está trabajando sobre andamios de estructura tubular, el material se depositará sobre una repisa del andamio situada a una cota de 0,75 m. de altura por encima de la plataforma de trabajo del operario, y recibiendo los paquetes de material de alicatar y agarre con la finalidad, disponer del material a la altura de trabajo. En la medida de lo posible, se debe evitar el empleo de andamios colgantes para la realización de este tipo de trabajos.

No se deben efectuar sobrecargas sobre la estructura de los forjados. Acopiar en el contorno de los capiteles de pilares.

Dejar libres las zonas de paso de personas y vehículos de servicio de la obra.

Comprobar periódicamente el perfecto estado de servicio de las protecciones colectivas puestas en previsión de caídas de personas u objetos, a diferente nivel, en las proximidades de las zonas de acopio y de paso.

El apilado en altura de los diversos materiales se efectuará en función de la estabilidad que ofrezca el conjunto.

Los pequeños materiales deberán acopiarse a granel en bateas, cubilotes o bidones adecuados, para que no se diseminen por la obra.

Las materiales, regles, sacos de material de agarre, recipientes de mortero, cajas de piezas de cerámica empleados para la ejecución de una obra de revestimiento alicatado, se transportarán en bateas adecuadas.

La mesa de corte de disco de diamante para piezas cerámicas vidriadas, estará emplazada sobre una bancada que permita un buen drenaje del agua micronizada proyectada sobre la zona de corte.

#### **7.6.4 NORMATIVA A APLICAR EN LAS FASES DEL ESTUDIO**

#### 7.6.4.1 NORMATIVA GENERAL

Exige el R.D. 1627/97 de 24 de Octubre la realización de este Estudio de Seguridad y Salud que debe contener una descripción de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas preventivas adecuadas; relación de aquellos otros que no han podido evitarse conforme a lo señalado anteriormente, indicando las protecciones técnicas tendentes a reducir los y las medidas preventivas que los controlen. Han de tenerse en cuenta, sigue el R.D., la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de usarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos. Tal es lo que se manifiesta en el Proyecto de Obra al que acompaña este Estudio de Seguridad y Salud.

Sobre la base de lo establecido en este estudio, se elaborará el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (Art. 7 del citado R.D.) por el Contratista en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra o realización de las instalaciones a que se refiere este Proyecto. En dicho plan se recogerán las propuestas de medidas de prevención alternativas que el contratista crea oportunas siempre que se justifiquen técnicamente y que tales cambios no impliquen la disminución de los niveles de prevención previstos.

Dicho plan deberá ser aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de las obras (o por la Dirección Facultativa sino fuere precisa la Coordinación citada).

A tales personas compete la comprobación, a pie de obra, de los siguientes aspectos técnicos previos:

Revisión de los planos de la obra o proyecto de instalaciones

Replanteo

Maquinaria y herramientas adecuadas

Medios de transporte adecuados al proyecto

Elementos auxiliares precisos

Materiales, fuentes de energía a utilizar

Protecciones colectivas necesarias, etc.

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

El comienzo de los trabajos, sólo deberá acometerse cuando se disponga de todos los elementos necesarios para proceder a su asentamiento y delimitación definida de las zonas de influencia durante las maniobras, suministro de materiales así como el radio de actuación de los equipos en condiciones de seguridad para las personas y los restantes equipos.

Se establecerá un planning para el avance de los trabajos, así como la retirada y acopio de la totalidad de los materiales empleados, en situación de espera.

Ante la presencia de líneas de alta tensión tanto la grúa como el resto de la maquinaria que se utilice durante la ejecución de los trabajos guardarán la distancia de seguridad de acuerdo con lo indicado en el presente estudio.

Se revisará todo lo concerniente a la instalación eléctrica comprobando su adecuación a la potencia requerida y el estado de conservación en el que se encuentra.

Será debidamente cercada la zona en la cual pueda haber peligro de caída de materiales, y no se haya podido apantallar adecuadamente la previsible parábola de caída del material.

Como se indica en el art. 8 del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre, los principios generales de prevención en materia de seguridad y salud que recoge el art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, deberán ser tomados en consideración por el proyectista en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra y en particular al tomar las decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los diferentes trabajos y al estimar la duración prevista de los mismos. El Coordinador en materia de seguridad y salud en fase de proyecto será el que coordine estas cuestiones.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y formas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente.

Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable y necesario, prendas de protección individual tales como cascos, gafas, guantes, botas de seguridad homologadas, impermeables y otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer y evacuar a los operarios que puedan accidentarse.

El personal habrá sido instruido sobre la utilización correcta de los equipos individuales de protección, necesarios para la realización de su trabajo. En los riesgos puntuales y esporádicos de caída de altura, se utilizará obligatoriamente el cinturón de seguridad ante la imposibilidad de disponer de la adecuada protección colectiva u observarse vacíos al respecto a la integración de la seguridad en el proyecto de ejecución.

Cita el Art. 10 del R.D. 1627/97 la aplicación de los principios de acción preventiva en las siguientes tareas o actividades:

Mantenimiento de las obras en buen estado de orden y limpieza

Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de vías de paso y circulación.

La manipulación de los diferentes materiales y medios auxiliares.

El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios con el objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los diferentes materiales, en particular los peligrosos.

La recogida de materiales peligrosos utilizados

El almacenamiento y la eliminación de residuos y escombros.

La adaptación de los diferentes tiempos efectivos a dedicar a las distintas fases del trabajo.

La cooperación entre Contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.

Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se desarrolle de manera próxima.

Protecciones personales:

Cuando los trabajos requieran la utilización de prendas de protección personal, éstas llevarán el sello -CE- y serán adecuadas al riesgo que tratan de paliar, ajustándose en todo a lo establecido en el R.D. 773/97 de 30 de Mayo.

En caso de que un trabajador tenga que realizar un trabajo esporádico en alturas superiores a 2 m y no pueda ser protegido mediante protecciones colectivas adecuadas, deberá ir provisto de cinturón de seguridad homologado según (de sujeción o anticaídas según proceda), en vigencia de utilización (no caducada), con puntos de anclaje no improvisados, sino previstos en proyecto y en la planificación de los trabajos, debiendo acreditar previamente que ha recibido la formación suficiente por parte de sus mandos jerárquicos, para ser utilizado restrictivamente, pero con criterio.

Manipulación manual de cargas:

No se manipularán manualmente por un solo trabajador más de 25 kg.

Para el levantamiento de una carga es obligatorio lo siguiente:

Asentar los pies firmemente manteniendo entre ellos una distancia similar a la anchura de los hombros, acercándose lo más posible a la carga.

Flexionar las rodillas, manteniendo la espalda erguida.

Agarrar el objeto firmemente con ambas manos si es posible.

El esfuerzo de levantar el peso lo deben realizar los músculos de las piernas.

Durante el transporte, la carga debe permanecer lo más cerca posible del cuerpo, debiendo evitarse los giros de la cintura.

Para el manejo de cargas largas por una sola persona se actuará según los siguientes criterios preventivos:

Llevará la carga inclinada por uno de sus extremos, hasta la altura del hombro.



Avanzará desplazando las manos a lo largo del objeto, hasta llegar al centro de gravedad de la carga.

Se colocará la carga en equilibrio sobre el hombro.

Durante el transporte, mantendrá la carga en posición inclinada, con el extremo delantero levantado.

Es obligatoria la inspección visual del objeto pesado a levantar para eliminar aristas afiladas.

Es obligatorio el empleo de un código de señales cuando se ha de levantar un objeto entre varios, para aportar el esfuerzo al mismo tiempo. Puede ser cualquier sistema a condición de que sea conocido o convenido por el equipo.

#### Manipulación de cargas con la grúa

En todas aquellas operaciones que conlleven el empleo de aparatos elevadores, es recomendable la adopción de las siguientes normas generales:

Señalar de forma visible la carga máxima que pueda elevarse mediante el aparato elevador utilizado.

Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.

Emplear para la elevación de materiales recipientes adecuados que los contengan, o se sujeten las cargas de forma que se imposibilite el desprendimiento parcial o total de las mismas.

Las eslingas llevarán placa de identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas.

De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima. Estarán libres de nudos y se enrollarán en tambores o policías adecuadas.

Para la elevación y transporte de piezas de gran longitud se emplearán paloneéis o vigas de reparto de cargas, de forma que permita esparcir la luz entre apoyos, garantizando de esta forma la horizontalidad y estabilidad.

El grúa antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera. Si durante el funcionamiento de la grúa se observara inversión de los movimientos, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección Técnica de la obra.

## **MEDIDAS PREVENTIVAS DE TIPO GENERAL**

LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS QUE A CONTINUACIÓN FIGURAN SON LAS QUE INDICA EL R.D. 1627/97 EN SU ANEXO IV. EL PROYECTISTA DEBERÁ TOMAR DE ÉL LO QUE CONSIDERE PRECISO PARA SU ESTUDIO O DEJARLO EN SU TOTALIDAD, EN ESTE CASO DEBE BORRAR SOLAMENTE ESTE PÁRRAFO.

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y DE SALUD QUE DEBERAN APLICARSE EN LAS OBRAS

Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras.

Observación preliminar: las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se aplicaran siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

### **A. Ámbito de aplicación de la parte A:**

La presente parte del anexo será de aplicación a la totalidad de la obra, incluidos los puestos de trabajo en las obras en el interior y en el exterior de los locales

### **B. Estabilidad y solidez:**

Deberá procurarse de modo apropiado y seguro, la estabilidad de los materiales y equipos y, en general, de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.

El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente solo se autorizara en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de manera segura.

### **C. Instalaciones de suministro y reparto de energía**

La instalación eléctrica de los lugares de trabajo en las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen ningún peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

### **D. Vías y salidas de emergencia:**

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo mas directamente posible en una zona de seguridad.

En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

El numero, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

Las vías y salidas específicas deberá señalizarse conforme al R.D. 485/97. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

Las vías y salidas de emergencia, así como las de circulación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto para que puedan ser utilizadas sin trabas en ningún momento.

En caso de avería del sistema de alumbrado las vías de salida y emergencia deberán disponer de iluminación de seguridad de la suficiente intensidad.

#### **E. Detección y lucha contra incendios:**

Según las características de la obra y las dimensiones y usos de los locales los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales y del número de personas que pueda hallarse presentes, se dispondrá de un número suficiente de dispositivos contra incendios y, si fuere necesario detectores y sistemas de alarma.

Dichos dispositivos deberán revisarse y mantenerse con regularidad. Deberán realizarse periódicamente pruebas y ejercicios adecuados.

Los dispositivos no automáticos deben ser de fácil acceso y manipulación.

#### **F. Ventilación:**

Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, estos deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.

Si se utiliza una instalación de ventilación, se mantendrá en buen estado de funcionamiento y no se expondrá a corrientes de aire a los trabajadores.

#### **G. Exposición a riesgos particulares:**

Los trabajadores no estarán expuestos a fuertes niveles de ruido, ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvos).

Si algunos trabajadores deben permanecer en zonas cuya atmósfera pueda contener sustancias tóxicas o no tener oxígeno en cantidad suficiente o ser inflamable, dicha atmósfera deberá ser controlada y deberán adoptarse medidas de seguridad al respecto.

En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá estar bajo vigilancia permanente desde el exterior para que se le pueda prestar un auxilio eficaz e inmediato.

#### **H. Temperatura:**

Debe ser adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, teniendo en cuenta el método de trabajo y la carga física impuesta.

#### **I. Iluminación:**

Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación de obras deberán disponer de suficiente iluminación natural (si es posible) y de una iluminación artificial adecuada durante la noche y cuando no sea suficiente la natural. Se utilizarán portátiles antichoque y el color utilizado no debe alterar la percepción de los colores de las señales o paneles.

Las instalaciones de iluminación de los locales, las vías y los puestos de trabajo deberán colocarse de manera que no creen riesgos de accidentes para los trabajadores.

#### **J. Puertas y portones:**

Las puertas correderas irán protegidas ante la salida posible de los raíles y caerse.

Las que abran hacia arriba deberán ir provistas de un sistema que le impida volver a bajarse.

Las situadas en recorridos de emergencia deberán estar señalizadas de manera adecuada.

En la proximidad de portones destinados a la circulación de vehículos se dispondrán puertas mas pequeñas para los peatones que serán señalizadas y permanecerán expeditas durante todo momento.

Deberán funcionar sin producir riesgos para los trabajadores, disponiendo de dispositivos de parada de emergencia y podrán abrirse manualmente en caso de averías.

#### **K. Muelles y rampas de carga:**

Los muelles y rampas de carga deberán ser adecuados a las dimensiones de las cargas transportadas.

Los muelles de carga deberán tener al menos una salida y las rampas de carga deberán ofrecer la seguridad de que los trabajadores no puedan caerse.

#### **L. Espacio de trabajo:**

Las dimensiones del puesto de trabajo deberán calcularse de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario

#### **M. Primeros auxilios**

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.

Cuando el tamaño de la obra o el tipo de actividad requieran, deberán contarse con uno o varios locales para primeros auxilios.

Los locales para primeros auxilios deberán estar dotados de las instalaciones y el material de primeros auxilios indispensables y tener fácil acceso para las camillas. Deberán estar señalizados conforme el Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.

En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran se deberá disponer también de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso. Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

#### **N. Mujeres embarazadas y madres lactantes:**

Las mujeres embarazadas y las madres lactantes deberán tener la posibilidad de descansar tumbadas en condiciones adecuadas.

#### **Ñ. Trabajadores minusválidos:**

Los lugares de trabajo deberán estar acondicionados teniendo en cuenta en su caso, a los trabajadores minusválidos.

#### **O. Disposiciones varias:**

Los accesos y el perímetro de la obra deberán señalizarse y destacarse de manera que sean claramente visibles e identificables.

En la obra, los trabajadores deberán disponer de agua potable y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, tanto en los locales que ocupen como cerca de los puestos de trabajo.

Los trabajadores deberán disponer de instalaciones para poder comer y, en su caso para preparar sus comidas en condiciones de seguridad y salud.

### **Parte B**

Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de los locales.

Observación preliminar: las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se aplicarán siempre que los exijan las características de la obra o de la actividad las circunstancias o cualquier riesgo.

#### **A.- Estabilidad y solidez:**

Los locales deberán poseer la estructura y la estabilidad apropiadas a su tipo de utilización.

### **B.- Puertas de emergencia:**

Las puertas de emergencia deberán abrirse hacia el exterior y no deberán estar cerradas, de tal forma que cualquier persona que necesite utilizarlas en caso de emergencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente.

2) Estarán prohibidas como puertas de emergencia las puertas correderas y las puertas giratorias.

### **C.- Ventilación:**

En caso de que se utilicen instalaciones de aire acondicionado o de ventilación mecánica, éstas deberán funcionar de tal manera que los trabajadores no estén expuestos a corrientes de aire molestas.

Deberá eliminarse con rapidez todo depósito de cualquier tipo de suciedad que pudiera entrañar un riesgo inmediato para la salud de los trabajadores por contaminación del aire que respiran.

### **D.- Temperatura:**

La temperatura de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, De los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberá corresponder al uso específico de dichos locales.

Las ventanas, los vanos de iluminación cenitales y los tabiques acristalados deberán permitir evitar una insolación excesiva, teniendo en cuenta el tipo de trabajo y uso del local.

### **E. Suelo, paredes y techos de los locales:**

Los suelos de los locales deberán estar libres de protuberancias, agujeros o planos inclinados peligrosos, y ser fijos, estables y no resbaladizos.

Las superficies de los suelos, las paredes y los techos de los locales se deberán poder limpiar y enlucir para lograr condiciones de higiene adecuadas.



Los tabiques transparentes o translúcidos y, en especial, los tabiques acristalados situados en los locales o en las proximidades de los puestos de trabajo y vïas de circulación, deberán estar claramente señalizados y fabricados con materiales seguros o bien estar separados de dichos puestos y vïas, para evitar que los trabajadores puedan golpearse con los mismos o lesionarse en caso de rotura de dichos tabiques.

#### **F.- Ventanas y vanos de iluminación cenital:**

Las ventanas, vanos de iluminación cenital y dispositivos de ventilación deberán poder abrirse, cerrarse, ajustarse y fijarse por los trabajadores de manera segura. Cuando estén abiertos, no deberán quedar en posiciones que constituyan un peligro para los trabajadores.

Las ventanas y vanos de iluminación cenital deberán proyectarse integrando los sistemas de limpieza o deberán llevar dispositivos que permitan limpiarlos sin riesgo para los trabajadores que efectúen este trabajo ni para los demás trabajadores que se hallen presentes.

#### **G.- Puertas y portones:**

La posición, el número, los materiales de fabricación y las dimensiones de las puertas y portones se determinarán según el carácter y el uso de los locales.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista.

Las puertas y los portones que se cierran solos deberán ser transparentes o tener paneles transparentes.

Las superficies transparentes o translúcidas de las puertas o portones que no sean de materiales seguros deberán protegerse contra la rotura cuando ésta pueda suponer un peligro para los trabajadores.

#### **H.- Vías de circulación:**

Para garantizar la protección de los trabajadores, el trazado de las vías de circulación deberá estar claramente marcado en la medida en que lo exijan la utilización y las instalaciones de los locales.

### **I.- Escaleras mecánicas y cintas rodantes:**

Las escaleras mecánicas y las cintas rodantes deberán funcionar de manera segura y disponer de todos los dispositivos de seguridad necesarios. En particular deberán poseer dispositivos de parada de emergencia fácilmente identificables y de fácil acceso.

### **J.- Dimensiones y volumen de aire de los locales:**

Los locales deberán tener una superficie y una altura que permitan que los trabajadores llevar a cabo su trabajo sin riesgos para su seguridad, su salud o su bienestar.

## **Parte C**

Disposiciones mínimas específicas relativas a puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales.

Observación preliminar las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se paliarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad las circunstancias o cualquier riesgo.

### **A.- Estabilidad y solidez:**

Los puestos de trabajo móviles o fijos situados por encima o por debajo del nivel del suelo deberán ser sólidos y estables teniendo en cuenta:

1º.- El número de trabajadores que los ocupen.

2º.- Las cargas máximas que, en su caso, puedan tener que soportar, así como su distribución.

3º.- Los factores externos que pudieran afectarles.

En caso de que los soportes y los demás elementos de estos lugares de trabajo no poseyeran estabilidad propia, se deberán garantizar su estabilidad mediante elementos de fijación

apropiados y seguros con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado o involuntario del conjunto o de parte de dichos puestos de trabajo.

Deberá verificarse de manera apropiada la estabilidad y la solidez, y especialmente después de cualquier modificación de la altura o de la profundidad del puesto de trabajo.

#### **B.- Caída de objetos:**

Los trabajadores deberán estar protegidos contra la caída de objetos o materiales, para ello se utilizarán siempre que sea técnicamente posible, medidas de protección colectiva.

Cuando sea necesario, se establecerán pasos cubiertos o se impedirá el acceso a las zonas peligrosas.

Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.

#### **C.- Caídas de altura:**

Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 m., se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente. Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 cm. y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.

Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse en principio, con la ayuda de equipos concebidos para el fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberán disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.

La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, periodo de no utilización o cualquier otra circunstancia.

#### **D.- Factores atmosféricos:**

Deberá protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.

#### **E.- Andamios y escaleras:**

Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente.

Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas tengan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas de ajustará al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

Los andamios deberán ir inspeccionados por una persona competente:

1º.- Antes de su puesta en servicio.

2º.- A intervalos regulares en lo sucesivo.

3º.- Después de cualquier modificación, periodo de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.

Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios.

Las escaleras de mano deberán cumplir las condiciones de diseño y utilización señaladas en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

#### **F.- Aparatos elevadores:**

Los aparatos elevadores y los accesorios de izado utilizados en la obra, deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la

normativa citada, los aparatos elevadores y los accesorios de izado deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

Los aparatos elevadores y los accesorios de izado incluido sus elementos constitutivos, sus elementos de fijación, anclaje y soportes, deberán:

1º.- Ser de buen diseño y construcción y tener una resistencia suficiente para el uso al que estén destinados.

2º.- Instalarse y utilizarse correctamente.

3º.- Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido una formación adecuada.

En los aparatos elevadores y en los accesorios de izado se deberá colocar de manera visible, la indicación del valor de su carga máxima.

Los aparatos elevadores lo mismo que sus accesorios no podrán utilizarse para fines distintos de aquéllos a los que estén destinados.

#### **G.- Vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales:**

Los vehículos y maquinaria para movimiento de tierra y manipulación de materiales deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

Todos los vehículos y toda maquinaria para movimientos de tierras y para manipulación de materiales deberán:

1º.- Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuanto, en la medida de los posible, los principios de la ergonomía.

2º.- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.

3º.- Utilizarse correctamente.

Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.

Deberán adoptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en el agua vehículos o maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales.

Cuando sea adecuado, las maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán estar equipadas con estructuras concebidas para proteger el conductor contra el aplastamiento, en caso de vuelco de la máquina, y contra la caída de objetos.

#### **H.- Instalaciones, máquinas y equipo:**

Las instalaciones, máquinas y equipos utilizados en las obras deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de las disposiciones específicas de la normativa citada, las instalaciones, máquina y equipos deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

Las instalaciones, máquinas y equipos incluidas las herramientas manuales o sin motor, deberán:

1º.- Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.

2º.- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.

3º.- Utilizarse exclusivamente para los trabajos que hayan sido diseñados.

4º.- Ser manejados por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada.

Las instalaciones y los aparatos a presión deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

#### **I.- Movimientos de tierras, excavaciones, pozos, trabajos subterráneos y túneles:**

Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a cables subterráneos y demás sistemas de distribución.

En las excavaciones, pozos, trabajos subterráneos o túneles deberán tomarse las precauciones adecuadas:

1º.- Para prevenir los riesgos de sepultamiento por desprendimiento de tierras, caídas de personas, tierras, materiales u objetos, mediante sistemas de entibación, blindaje, apeo, taludes u otras medidas adecuadas.

2º.- Para prevenir la irrupción accidental de agua mediante los sistemas o medidas adecuadas.

3º.- Para garantizar una ventilación suficiente en todos los lugares de trabajo de manera que se mantenga una atmósfera apta para la respiración que no sea peligrosa o nociva para la salud.

4º.- Para permitir que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de que se produzca un incendio o una irrupción de agua o la caída de materiales.

Deberán preverse vías seguras para entrar y salir de la excavación.

Las acumulaciones de tierras, escombros o materiales y los vehículos en movimiento deberán mantenerse alejados de las excavaciones o deberán tomarse las medidas adecuadas en su caso mediante la construcción de barreras, para evitar su caída en las mismas o el derrumbamiento del terreno.

#### **J.- Instalaciones de distribución de energía:**

Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que estén sometidas a factores externos.

Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.

Cuando existen líneas de tendido eléctrico aéreas que puedan afectar a la seguridad en la obra será necesario desviarlas fuera del recinto de la obra o dejarlas sin tensión. Si esto no fuera posible, se colocarán barreras o avisos para que los vehículos y las instalaciones se mantengan alejados de las mismas. En caso de que vehículos de la obra tuvieran que circular bajo el tendido se utilizarán una señalización de advertencia y una protección de delimitación de altura.

#### **K.- Estructuras metálicas o de hormigón, encofrados y piezas prefabricadas pesadas:**

Las estructuras metálicas o de hormigón y sus elementos, los encofrados, las piezas prefabricadas pesadas o los soportes temporales y los apuntalamientos sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control y dirección de una persona competente.

Los encofrados, los soportes temporales y los apuntalamientos deberán proyectarse, calcularse, montarse y mantenerse de manera que puedan soportar sin riesgo las cargas a que sean sometidos.

Deberán adoptarse las medidas necesarias para proteger a los trabajadores contra los peligros derivados de la fragilidad o inestabilidad temporal de la obra.

#### **L.- Otros trabajos específicos:**

Los trabajos de derribo o demolición que puedan suponer un peligro para los trabajadores deberán estudiarse, planificarse y emprenderse bajo la supervisión de una persona competente y deberán realizarse adoptando las precauciones, métodos y procedimientos apropiados.

En los trabajos en techos deberán adoptarse las medidas de protección colectiva que sean necesarias en atención a la altura, inclinación o posible carácter o estado resbaladizo, para evitar la caída de trabajadores, herramientas o materiales. Asimismo, cuando haya que trabajar sobre o cerca de superficies frágiles, se deberán tomar las medidas preventivas adecuadas para evitar que los trabajadores las pisen inadvertidamente o caigan a través suyo.

Los trabajos con explosivos, así como los trabajos en cajones de aire comprimido se ajustarán a lo dispuesto en su normativa específica.

Las ataguías deberán estar bien construidas, con materiales apropiados y sólidos, con una resistencia suficiente y provistas de un equipamiento adecuado para que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de irrupción de agua y de materiales.

La construcción, el montaje, la transformación o el desmontaje de una ataguía deberán realizarse únicamente bajo la vigilancia de una persona competente. Asimismo las ataguías deberán ser inspeccionadas por una persona competente a intervalos regulares.



#### Evacuación de escombros:

La evacuación de escombros se no se debe realizar nunca por "lanzamientos libres" de los escombros desde niveles superiores hasta el suelo.

Se emplearan cestas, bateas en el caso de realizarse con la grúa, aunque se recomienda el uso de tubos de descarga por su economía e independencia de la grúa.

En la evacuación de escombros mediante tubos de descarga se deben seguir las siguientes medidas precautorias:

Seguir detalladamente las instrucciones de montaje facilitadas por el fabricante.

Los trozos de escombros de grandes longitudes se fragmentaran, con objeto de no producir atascos en el tubo.

En el punto de descarga final se situará un contenedor que facilite la evacuación, y disminuya la dispersión del acopio.

Las inmediaciones del punto de descarga se delimitarán y señalizará el riesgo de caída de objetos.

#### **7.6.4.2 NORMATIVA PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA**

##### **ALBAÑILERÍA**

Se tendrá en cuenta la existencia o no de conducciones eléctricas aéreas a fin de solicitar a la compañía correspondiente el desvío, apantallado o descargo que corresponda.

Se estudiará la necesidad de utilizar uno u otro medio de suministro de mortero y de manutención de materiales, primando sobre cualquier otro criterio, la garantía de la seguridad de los trabajadores al realizar su puesta en obra.

Cuando sea previsible el paso de peatones o vehículos junto al borde de los huecos a se deberá asegurarse el acopio, de vallas o palenques móviles que deberán estar iluminados cada 10 m.

La construcción de fábrica de ladrillo, se efectuará desde andamios tubulares que se montarán a todo el perímetro de la obra.

El cerramiento de fachadas con ladrillos o bloques de cara vista, jamás se realizará desde andamios colgantes con plataforma de tablones sobre liras suspendidas de ternaes o trócolas. La utilización de andamios metálicos colgados tipo góndola también tiene que ser considerada con carácter restrictivo, por el riesgo potencial que comporta su utilización. Su empleo tiene que estar técnica y documentalmente justificado por el compromiso escrito de la Dirección Facultativa y por la correcta instalación avalada con certificados de mantenimiento preventivo y de control periódico por parte del contratista que tenga adjudicada la realización de ésta partida. Asimismo, el personal que trabaje sobre andamios suspendidos, debe disponer de una amplia experiencia en su utilización, y siempre utilizando el cinturón de seguridad amarrado mediante dispositivo de retención a una sirga de seguridad y desplazamiento anclada a la estructura del edificio.

Cuando la construcción de la obra de fábrica de ladrillo no pueda ser ejecutada desde andamios tubulares, y si las circunstancias técnicas lo permiten, se efectuará desde el interior de la obra y sobre el forjado, estando protegidos los operarios contra el riesgo de caída de altura, mediante redes horizontales situadas en la planta inmediatamente inferior o redes verticales sujetas a horcas metálicas.

Cuando un trabajador tenga que realizar su trabajo en alturas superiores a 2 m. y no pueda ser protegido mediante protecciones colectivas adecuadas, deberá ser provisto de cinturón de seguridad (de sujeción o anticaídas según proceda), en vigencia de utilización (no caducada), con puntos de anclaje no improvisados, sino previstos en proyecto y en la planificación de los trabajos, debiendo acreditar previamente que ha recibido la formación suficiente por parte de sus mandos jerárquicos, para ser utilizado restrictivamente, pero con criterio.

Se comprobará la situación, estado y requisitos de los medios de transporte y elevación de los materiales para la ejecución de éstos trabajos (grúas, cabestrante, uñas portapalets, eslingas, carretilla portapalets, plataformas de descarga, etc.), con antelación a su utilización.

Se restringirá el paso de personas bajo las zonas de vuelo, durante las operaciones de manutención de materiales mediante el empleo de grúa, colocándose señales y balizas convenientemente.

En los accesos a los tajos, se procederá a la formación de zonas de paso mediante pasarelas de 0,60 m de anchura mínima, compuestas por tablones con objeto de que las personas que circulen no tengan que hacerlo por encima de los bloques, ferralla, viguetas y bovedillas. Estas

plataformas estarán formadas por tableros de longitud tal que abarquen, como mínimo, tres viguetas.

Los huecos horizontales que puedan quedar al descubierto sobre el terreno a causa de los trabajos, cuyas dimensiones puedan permitir la caída de personas a su interior, deberán ser condenados al nivel de la cota de trabajo instalando si es preciso pasarelas completas y reglamentarias para los viandantes o personal de obra. Esta norma deberá cumplirse cuando existan esperas posicionadas verticalmente.

No se suprimirán de los andamios los atirantamientos o los arriostramientos en tanto en cuanto no se supriman o contrarresten las tensiones que inciden sobre ellos.

Las plataformas de trabajo estarán dotadas con barandillas perimetrales reglamentarias, tendrá escalera de "gato" con aros salvavidas o criolina de seguridad a partir de 2 m. de altura sobre el nivel del suelo, o escalera de acceso completamente equipada sobre estructura tubular y deberá estar convenientemente arriostrada, de forma que se garantice su estabilidad.

En andamios de estructura tubular, los accesos a los distintos niveles, se realizarán por medio de sus correspondientes escaleras inclinadas interiores, dotadas con trampillas de acceso abatibles en cada plataforma horizontal.

No se instalarán andamios en las proximidades de líneas en tensión. Se pueden estimar como correctas las siguientes distancias de seguridad: 3 m. para líneas de hasta 5.000 V y 5 m por encima de 5.000 V

No se dejarán nunca clavos en las maderas.

Cuando se realicen trabajos en niveles superpuestos se protegerán a los trabajadores de los niveles inferiores con redes, marquesinas rígidas o elementos de protección equivalentes.

Cuando por el proceso productivo se tengan que retirar las redes de seguridad, se realizará simultaneando este proceso con la

Colocación de barandillas y rodapiés o clausurando los huecos horizontales, de manera que se evite la exposición a caída de altura.

## DEMOLICIÓN MANUAL

Antes de iniciar la demolición se neutralizarán las acometidas de las instalaciones, de acuerdo con las Compañías suministradoras.

Se taponará el alcantarillado y se revisarán los locales del edificio, comprobando que no existe almacenamiento de materiales combustibles o peligrosos, ni otras derivaciones de instalaciones que no procedan de las tomas del edificio, así como que se han vaciado todos los depósitos y tuberías.

El edificio, al comienzo de la demolición, estará rodeado de una valla, verja o muro de altura no menor de 2 m. Las vallas, se situarán a una distancia del edificio no menor de 1,50 m. Cuando dificulte el paso a terceros, se dispondrá a lo largo del cerramiento luces rojas a 1 m sobre el nivel de la calzada y a una distancia no mayor de 10 m y en las esquinas.

Se protegerán los elementos de Servicio Público que puedan ser afectados por la demolición, como bocas de riego, tapas y sumideros de alcantarillas, árboles, farolas, etc.

En fachadas que den a la vía pública se situarán protecciones como redes, lonas, así como una pantalla o marquesina inclinada y rígida, que recoja los escombros o herramientas que puedan caer. Esta pantalla sobresaldrá de la fachada una distancia no menor de 2 m.

Estas protecciones se colocarán asimismo, sobre las propiedades limítrofes más bajas que el edificio a demoler.

No se permitirán hogueras dentro del edificio y las que se realicen fuera del mismo, estarán resguardadas del viento y vigiladas.

Se dejarán previstas tomas de agua para el riego, en evitación de formación de polvo durante los trabajos.

Salvo casos excepcionales de luces entre forjados superiores a 4 m. no será preciso en demoliciones de las divisiones interiores, el empleo de andamios de estructura tubular. Si la altura de trabajo supera los 4 m. se deberán disponer los andamios apoyados completos.

Plataforma de trabajo y barandillas según reglamentación en vigor, ruedas con enclavamiento y durmientes de reparto de cargas en su base y jabalconado de estabilidad.

## FALSOS TECHOS

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Los trabajos de ejecución de falsos techos, se efectuarán habitualmente desde andamios tubulares, de borriquetas o escaleras de tijera que se montarán bajo el techo a cubrir.

Cuando un trabajador tenga que realizar un trabajo esporádico en alturas superiores a 2 m., y no pueda ser protegido mediante protecciones colectivas adecuadas, deberá ir provisto de cinturón de seguridad homologado (de sujeción o anticaídas según proceda), en vigencia de utilización (no caducada), con puntos de anclaje no improvisados, sino previstos en proyecto y en la planificación de los trabajos, debiendo acreditar previamente que ha recibido la formación suficiente por parte de sus mandos jerárquicos, para ser utilizado restrictivamente, pero con criterio.

Se comprobará la situación estado y requisitos de los medios de transporte y elevación de los materiales para la ejecución de éstos trabajos (grúas, cabrestante, uñas portapalets, eslingas, carretilla portapalets, plataformas de descarga, etc.), con antelación a su utilización.

No se suprimirán de los andamios los atirantamientos o los arriostramientos en tanto en cuanto no se supriman o contrarresten las tensiones que inciden sobre ellos.

Las plataformas de trabajo estarán dotadas con barandillas perimetrales reglamentarias, tendrá escalera de "gato" con aros salvavidas o criolina de seguridad a partir de 2 m. de altura sobre el nivel del suelo, o escalera de acceso completamente equipada sobre estructura tubular y deberá estar convenientemente arriostada, de forma que se garantice su estabilidad. En andamios de estructura tubular que superen los dos módulos de pórticos, los accesos a los distintos niveles, se realizará por medio de sus correspondientes escaleras inclinadas interiores, dotadas con trampillas de acceso abatibles en cada plataforma horizontal.

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS BAJA TENSIÓN

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y formas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente.

En general las vallas o palenques acotarán no menos de 1 m. el paso de peatones y 2 m. el de vehículos.

Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.

Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado público, si existieran. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere,

Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

Protecciones personales.

Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.

En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornas o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de: casco de seguridad normalizado para A.T., pantalla facial de policarbonato con atalaje aislado, gafas con ocular filtrante de color ópticamente neutro, guantes dieléctricos (en la actualidad se fabrican hasta 30.000 V), o si se precisa mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de tacto en piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

Intervención en instalaciones eléctricas.

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión; se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica):

El circuito es abrirá con corte visible.

Los elementos de corte se enclavarán en posición de abierto, si es posible con llave.

Se señalarán los trabajos mediante letrero indicador en los elementos de corte.

## **SOLADOS Y ALICATADOS**

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

Se planificará la zona de acopios, la posición de las máquinas y el desarrollo de los trabajos considerando la variación de la disponibilidad de espacio, acotándose las zonas con vallas y balizas.

Se establecerán los accesos a la zona de trabajo a utilizar por el personal, vehículos y cargas suspendidas. Se estudiarán las posibles interferencias a otros trabajos que se pudieran producir y las medidas de seguridad que se adoptarán llegado el caso.

Antes de comenzar los trabajos, estarán aprobados por la Dirección Facultativa, el método constructivo empleado y los circuitos de circulación que afectan a la obra.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y formas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente.

Para descargar materiales es obligatorio tomar las siguientes precauciones:

Empezar por la carga o material que aparece más superficialmente, es decir el primero y más accesible.

Entregar el material, no tirarlo.

Colocar el material ordenado y en caso de apilado estratificado, que este se realice en pilas estables, lejos de pasillos o lugares donde pueda recibir golpes o desmoronarse.

Utilizar guantes de trabajo y botas de seguridad con puntera metálica y plantilla metálicas.

En el manejo de cargas largas entre dos o más personas, la carga puede mantenerse en la mano, con el brazo estirado a lo largo del cuerpo, o bien sobre el hombro.

Se utilizarán las herramientas y medios auxiliares adecuados para el transporte de cada tipo de material.

En las operaciones de carga y descarga, se prohíbe colocarse entre la parte posterior de un camión y una plataforma, poste, pilar o estructura vertical fija.

Si en la descarga se utilizan herramientas como brazos de palanca, uñas, patas de cabra o similar, ponerse de tal forma que no se venga carga encima y que no se resbale.

#### **7.6.4.3 NORMATIVA PARTICULAR A CADA MEDIO A UTILIZAR**

Cizalla cortacables

Cortadora de tubos



Cuchillas

Pelacables

Sierra de arco

Tijeras

Bolsa porta herramientas

Herramientas de corte:

Causas de los riesgos:

Rebabas en la cabeza de golpeo de la herramienta.

Rebabas en el filo de corte de la herramienta.

Extremo poco afilado.

Sujetar inadecuadamente la herramienta o material a talar o cercenar.

Mal estado de la herramienta.

Medidas de prevención:

Las herramientas de corte presentan un filo peligroso.

La cabeza no debe presentar rebabas.

Los dientes de las sierras deberán estar bien afilados y triscados. La hoja deberá estar bien templada (sin recalentamiento) y correctamente tensada.

Al cortar las maderas con nudos, se deben extremar las precauciones.

Cada tipo de sierra sólo se empleará en la aplicación específica para la que ha sido diseñada.

En el empleo de alicates y tenazas, y para cortar alambre, se girará la herramienta en plano perpendicular al alambre, sujetando uno de los lados y no imprimiendo movimientos laterales.

No emplear este tipo de herramienta para golpear.

Medidas de protección:

En trabajos de corte en que los recorte sean pequeños, es obligatorio el uso de gafas de protección contra proyección de partículas.

Si la pieza a cortar es de gran volumen, se deberá planificar el corte de forma que el abatimiento no alcance al operario o sus compañeros.

En el afilado de éstas herramientas se usarán guantes y gafas de seguridad.

Macetas, cinceles, escoplos, punteros y escarpas

Martillo rompedor

Martillos de encofrador, mallos, macetas

Martillos de golpeo, mallos, trompas y "porras"

Mazas y cuñas

Pico, pala, azada, picola

Herramientas de percusión:

Causas de los riesgos:

Mangos inseguros, rajados o ásperos.

Rebabas en aristas de cabeza.

Uso inadecuado de la herramienta.

Medidas de prevención:

Rechazar toda maceta con el mango defectuoso.

No tratar de arreglar un mango rajado.

La maceta se usará exclusivamente para golpear y siempre con la cabeza.

Las aristas de la cabeza han de ser ligeramente romas.

Medidas de protección:

Empleo de prendas de protección adecuadas, especialmente gafas de seguridad o pantallas faciales de rejilla metálica o policarbonato.

Las pantallas faciales serán preceptivas si en las inmediaciones se encuentran otros operarios trabajando.

Destornilladores, berbiquies

Marcador con punta de diamante

Herramientas punzantes:

Causas de los riesgos:

Cabezas de cinceles y punteros floreados con rebabas.

Inadecuada fijación al astil o mango de la herramienta.

Material de calidad deficiente.

Uso prolongado sin adecuado mantenimiento.

Maltrato de la herramienta.

Utilización inadecuada por negligencia o comodidad.

Desconocimiento o imprudencia de operario.

Medidas de prevención:

En cinceles y punteros comprobar las cabezas antes de comenzar a trabajar y desechar aquellos que presenten rebabas, rajaduras o fisuras.

No se lanzarán las herramientas, sino que se entregarán en la mano.

Para un buen funcionamiento, deberán estar bien afiladas y sin rebabas.

No cincelar, taladrar, marcar, etc. nunca hacia uno mismo ni hacia otras personas. Deberá hacerse hacia afuera y procurando que nadie esté en la dirección del cincel.

No se emplearán nunca los cinceles y punteros para aflojar tuercas.

El vástago será lo suficientemente largo como para poder cogerlo cómodamente con la mano o bien utilizar un soporte para sujetar la herramienta.

No mover la broca, el cincel, etc. hacia los lados para así agrandar un agujero, ya que puede partirse y proyectar esquirlas.

Por tratarse de herramientas templadas no conviene que cojan temperatura con el trabajo ya que se tornan quebradizas y frágiles. En el afilado de este tipo de herramientas se tendrá presente este aspecto, debiéndose adoptar precauciones frente a los desprendimientos de partículas y esquirlas.

Medidas de protección:

Deben emplearse gafas antipactos de seguridad, homologadas para impedir que esquirlas y trozos desprendidos de material puedan dañar a la vista.

Se dispondrá de pantallas faciales protectoras abatibles, si se trabaja en la proximidad de otros operarios.

Utilización de protectores de goma maciza para asir la herramienta y absorber el impacto fallido (protector tipo "Gomanos" o similar).

Curvadora de tubos.

Antes de su puesta en carga, el operador comprobará la estanqueidad del circuito.

Disponer la máquina en un lugar alejado de las zonas de paso del personal para impedir caídas a nivel o alcance por proyección a terceros.

No se podrá modificar bajo ningún concepto la regulación de las válvulas de seguridad o descarga con la finalidad de conseguir mayor presión de trabajo.

Si el sistema dispone de acumulador hidráulico, no utilizar para regarlo otro gas que el nitrógeno u otro inerte, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Para controlar la presión del circuito, es necesario utilizar un manómetro con una goma de presión adecuada.

Cuando se termine de ejecutar el trabajo, cuídese de despresurizar la máquina y colocarla junto con sus accesorios fuera de las zonas de paso del personal.

Equipo de soldadura autónoma y oxicorte.

#### **- Compresor:**

Antes de la puesta en marcha, revisar las mangueras, uniones y manómetros, sustituyéndose las que no estén en buen estado.

Con el calderín, ya despresurizado, se purgará periódicamente el agua de condensación que se acumula en el mismo.

Se extenderán las mangueras procurando no interferir en los pasos.

No se interrumpirá el suministro de aire doblando la manguera, deberán ponerse en el circuito de aire las llaves necesarias.

No se utilizará el aire a presión para la limpieza de personas o de vestimentas.

En el caso de producir ruido con niveles superiores a los que establece la ley (90 dB) utilizarán protectores auditivos todo el personal que tenga que permanecer en su proximidad.

Al terminar el trabajo se recogerán las mangueras y se dejarán todos el circuito sin presión.

En los lugares cerrados se conducirán los humos de escape al exterior ó se realizará ventilación forzada, o se dotará al tubo de escape de un filtro contra emanaciones de CO<sub>2</sub>.

#### **- Grupo de soldadura:**

Soldadura eléctrica:

En previsión de contactos eléctricos respecto al circuito de alimentación, se deberán adoptar las siguientes medidas:

Revisar periódicamente el buen estado del cable de alimentación.

Adecuado aislamiento de los bornes.

Conexión y perfecto funcionamiento de la toma de tierra y disyuntor diferencial.

Respecto al circuito de soldadura se deberá comprobar:

Que la pinza esté aislada.

Los cables dispondrán de un perfecto aislamiento.

Disponen en estado operativo el limitador de tensión de vacío (50 V / 110 V).

El operario utilizará careta de soldador con visor de características filtrantes.

En previsión de proyecciones de partículas incandescentes se adoptarán las siguientes previsiones:

El operario utilizará los guantes de soldador, pantalla facial de soldador, chaqueta de cuero, mandil, polainas y botas de soldador (de desatado rápido).

Se colocarán adecuadamente las mantas ignífugas y las mamparas opacas para resguardar de rebotes al personal próximo.

En previsión de la inhalación de humos de soldadura se dispondrá de: Extracción localizada con expulsión al exterior, o dotada de filtro electrostático si se trabaja en recintos cerrados.

#### **- Ventilación forzada:**

Cuando se efectúen trabajos de soldadura en lugares cerrados húmedos o buenos conductores de la electricidad se deberán adoptar las siguientes medidas preventivas adicionales:

Los porta electrodos deberán estar completamente aislados.

El equipo de soldar deberá instalarse fuera del espacio cerrado o estar equipado con dispositivos reductores de tensión (en el caso de tratarse de soldadura al arco con corriente alterna).

Se adoptarán precauciones para que la soldadura no pueda dañar las redes y cuerdas de seguridad como consecuencia de entrar en contacto con calor, chispas, escorias o metal candente.

Provocar incendios al entrar en contacto con materiales combustibles.

Provocar deflagraciones al entrar en contacto con vapores y sustancias inflamables.

Los soldadores deberán tomar precauciones para impedir que cualquier parte de su cuerpo o ropa de protección húmeda cierre un circuito eléctrico o con el elemento expuesto del electrodo o porta electrodo, cuando esté en contacto con la pieza a soldar.

Se emplearán guantes aislantes para introducir los electrodos en los porta electrodos.

Se protegerá adecuadamente contra todo daño los electrodos y los conductores de retorno.

Los elementos bajo tensión de los porta electrodos deberán ser inaccesibles cuando no se utilicen.

Cuando sea necesario, los restos de electrodos se guardarán en un recipiente piroresistente.

No se dejará sin vigilancia alguna ningún equipo de soldadura al arco bajo tensión.

#### **- Máquinas eléctricas portátiles:**

De forma genérica las medidas de seguridad a adoptar al utilizar las máquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

Cuidar de que el cable de alimentación esté en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes ó cualquier otro defecto.

Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.

Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento.

Al terminar se dejará la maquina limpia y desconectada de la corriente.

Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores (lugares muy húmedos, dentro de grandes masas metálicas, etc.) se utilizarán herramientas alimentadas a 24 v. como máximo ó mediante transformadores separadores de circuitos.

El operario debe estar adiestrado en el uso, y conocer las presentes normas.

### **7.6.5 DIRECTRICES GENERALES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS DORSOLUMBARES**

En la aplicación de lo dispuesto en el anexo del R.D. 487/97 se tendrán en cuenta, en su caso, los métodos o criterios a que se refiere el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

#### **7.6.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA**

La manipulación manual de una carga puede presentar un riesgo, en particular dorsolumbar, en los casos siguientes:

Cuando la carga es demasiado pesada o demasiado grande.

Cuando es voluminosa o difícil de sujetar.

Cuando está en equilibrio inestable o su contenido corre el riesgo de desplazarse.

Cuando está colocada de tal modo que debe sostenerse o manipularse a distancia del tronco o con torsión o inclinación del mismo.

Cuando la carga, debido a su aspecto exterior o a su consistencia, puede ocasionar lesiones al trabajador, en particular en caso de golpe.

#### **7.6.5.2 ESFUERZO FÍSICO NECESARIO**

Un esfuerzo físico puede entrañar un riesgo, en particular dorsolumbar, en los casos siguientes:

Cuando es demasiado importante.

Cuando no puede realizarse más que por un movimiento de torsión o de flexión del tronco.

Cuando puede acarrear un movimiento brusco de la carga.

Cuando se realiza mientras el cuerpo está en posición inestable.

Cuando se trate de alzar o descender la carga con necesidad de modificar el agarre.

#### **7.6.5.3 CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO DE TRABAJO**

Las características del medio de trabajo pueden aumentar el riesgo, en particular dorsolumbar en los casos siguientes:



Cuando el espacio libre, especialmente vertical, resulta insuficiente para el ejercicio de la actividad de que se trate.

Cuando el suelo es irregular y, por tanto, puede dar lugar a tropiezos o bien es resbaladizo para el calzado que lleve el trabajador.

Cuando la situación o el medio de trabajo no permite al trabajador la manipulación manual de cargas a una altura segura y en una postura correcta.

Cuando el suelo o el plano de trabajo presentan desniveles que implican la manipulación de la carga en niveles diferentes.

Cuando el suelo o el punto de apoyo son inestables.

Cuando la temperatura, humedad o circulación del aire son inadecuadas.

Cuando la iluminación no sea adecuada.

Cuando exista exposición a vibraciones.

#### **7.6.5.4 EXIGENCIAS DE LA ACTIVIDAD**

La actividad puede entrañar riesgo, en particular dorsolumbar, cuando implique una o varias de las exigencias siguientes:

Esfuerzos físicos demasiado frecuentes o prolongados en los que intervenga en particular la columna vertebral.

Período insuficiente de reposo fisiológico o de recuperación.

Distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte.

Ritmo impuesto por un proceso que el trabajador no pueda modular.

#### **7.6.5.5 FACTORES INDIVIDUALES DE RIESGO**

Constituyen factores individuales de riesgo:

La falta de aptitud física para realizar las tareas en cuestión.

La inadecuación de las ropas, el calzado u otros efectos personales que lleve el trabajador.

La insuficiencia o inadaptación de los conocimientos o de la formación.

La existencia previa de patología dorsolumbar.

#### **7.6.5.6 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

##### **- Vías de circulación y zonas peligrosas:**

Las vías de circulación, incluidas las escaleras, las escaleras fijas y los muelles y rampas de carga deberán estar calculados, situados, acondicionado y preparados para su uso de manera que se puedan utilizar fácilmente, con toda seguridad y conforme al uso al que se les haya destinado y de forma que los trabajadores empleados en las proximidades de estas vías de circulación no corran riesgo alguno.

Las dimensiones de las vías destinadas a la circulación de personas o de mercancías, incluidas aquellas en las que se realicen operaciones de carga y descarga, se calcularán de acuerdo con el número de personas que puedan utilizarlas y con el tipo de actividad. Cuando se utilicen medios de transporte en las vías de circulación, se deberá prever una distancia de seguridad suficiente o medios de protección adecuados para las demás personas que puedan estar presentes en el recinto. Se señalizarán claramente las vías y se procederá regularmente a su control y mantenimiento.

Las vías de circulación destinada a los vehículos deberán estar situadas a una distancia suficiente de las puertas, portones, pasos de peatones, corredores y escaleras.

Si en la obra hubiera zonas de acceso limitado, dichas zonas deberán estar equipadas con dispositivos que eviten que los trabajadores no autorizados puedan penetrar en ellas. Se deberán tomar todas las medidas adecuadas para proteger a los trabajadores que estén autorizados a penetrar en las zonas de peligro. Estas zonas deberán estar señalizadas de modo claramente visible.

### **-Maquinaria y equipos:**

Colocar la máquina en terreno llano.

Bloquear las ruedas o las cadenas.

Apoyar en el terreno el equipo articulado. Si por causa de fuerza mayor ha de mantenerse levantado, deberá inmovilizarse adecuadamente.

Desconectar la batería para impedir un arranque súbito de la máquina.

No permanecer entre las ruedas, sobre las cadenas, bajo la cuchara o el brazo.

No colocar nunca una pieza metálica encima de los bornes de la batería.

No utilizar nunca un mechero o cerillas para iluminar el interior del motor.

Disponer en buen estado de funcionamiento y conocer el manejo del extintor.

Conservar la máquina en un estado de limpieza aceptable.

Mantenimiento de la maquinaria en el taller de obra:

Antes de empezar las reparaciones, es conveniente limpiar la zona a reparar.

No limpiar nunca las piezas con gasolina, salvo en local muy ventilado.

No fumar.

Antes de empezar las reparaciones, quitar la llave de contacto, bloquear la máquina y colocar letreros indicando que no se manipulen los mecanismos.

Si son varios los mecánicos que deban trabajar en la misma máquina, sus trabajos deberán ser coordinados y conocidos entre ellos.

Dejar enfriar el motor antes de retirar el tapón del radiador.

Bajar la presión del circuito hidráulico antes de quitar el tapón de vaciado, así mismo cuando se realice el vaciado del aceite, comprobar que su temperatura no sea elevada.

Si se tiene que dejar elevado el brazo del equipo, se procederá a su inmovilización mediante tacos, cuñas o cualquier otro sistema eficaz, antes de empezar el trabajo.

Tomar las medidas de conducción forzada para realizar la evacuación de los gases del tubo de escape, directamente al exterior del local.

Cuando deba trabajarse sobre elementos móviles o articulados del motor (p.e. tensión de las correas), éste estará parado.

Antes de arrancar el motor, comprobar que no ha quedado ninguna herramienta, trapo o tapón encima del mismo.

Utilizar guantes que permitan un buen tacto y calzado de seguridad con piso antideslizante.

#### **-Neumáticos:**

Para cambiar una rueda, colocar los estabilizadores.

No utilizar nunca la pluma o la cuchara para levantar la máquina.

Utilizar siempre una caja de inflado, cuando la rueda esté separada de la máquina.

Cuando se esté inflando una rueda no permanecer enfrente de la misma sino en el lateral junto a la banda de rodadura, en previsión de proyección del aro por sobrepresión.

No cortar ni soldar encima de una llanta con el neumático inflado.

En caso de transmisión hidráulica se revisarán frecuentemente los depósitos de aceite hidráulico y las válvulas indicadas por el fabricante. El aceite a emplear será el indicado por el fabricante.

#### **7.6.5.6.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO GENERAL**

Mantenimiento preventivo:

El articulado y Anexos del R.D. 1215/97 de 18 de Julio indica la obligatoriedad por parte del empresario de adoptar las medidas preventivas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y salud de los trabajadores al utilizarlos.

Si esto no fuera posible, el empresario adoptará las medidas adecuadas para disminuir esos riesgos al mínimo.

Como mínimo, sólo deberán ser utilizados equipos que satisfagan las disposiciones legales o reglamentarias que les sean de aplicación y las condiciones generales previstas en el Anexo I.

Cuando el equipo requiera una utilización de manera o forma determinada se adoptarán las medidas adecuadas que reserven el uso a los trabajadores especialmente designados para ello.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en condiciones tales que satisfagan lo exigido por ambas normas citadas.

Son obligatorias las comprobaciones previas al uso, las previas a la reutilización tras cada montaje, tras el mantenimiento o reparación, tras exposiciones a influencias susceptibles de producir deterioros y tras acontecimientos excepcionales.

Todos los equipos, de acuerdo con el artículo 41 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/95), estarán acompañados de instrucciones adecuadas de funcionamiento y condiciones para las cuales tal funcionamiento es seguro para los trabajadores.

Los artículos 18 y 19 de la citada Ley indican la información y formación adecuadas que los trabajadores deben recibir previamente a la utilización de tales equipos.

El constructor, justificará que todas las máquinas, herramientas, máquinas herramientas y medios auxiliares, tienen su correspondiente certificación -CE- y que el mantenimiento preventivo, correctivo y la reposición de aquellos elementos que por deterioro o desgaste normal de uso, haga desaconsejarse su utilización sea efectivo en todo momento.

Los elementos de señalización se mantendrán en buenas condiciones de visibilidad y en los casos que se considere necesario, se regarán las superficies de tránsito para eliminar los ambientes pulvígenos, y con ello la suciedad acumulada sobre tales elementos.

La instalación eléctrica provisional de obra se revisará periódicamente, por parte de un electricista, se comprobarán las protecciones diferenciales, magnetotérmicos, toma de tierra y los defectos de aislamiento.

En las máquinas eléctricas portátiles, el usuario revisará diariamente los cables de alimentación y conexiones; así como el correcto funcionamiento de sus protecciones.

Las instalaciones, máquinas y equipos, incluidas las de mano, deberán:

Estar bien proyectados y contruidos teniendo en cuenta los principios de la ergonomía.

Mantenerse en buen estado de funcionamiento.

Utilizarse exclusivamente para los trabajos que hayan sido diseñados.

Ser manejados por trabajadores que hayan sido formados adecuadamente.

Las herramientas manuales serán revisadas diariamente por su usuario, reparándose o sustituyéndose según proceda, cuando su estado denote un mal funcionamiento o represente un peligro para su usuario. (Mangos agrietados o astillados).

#### **7.6.5.6.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA**

##### **AIRE ACONDICIONADO**

Antes de la puesta en marcha se comprobará siempre el estado de las maquinas y su correcto emplazamiento.

Se revisará periódicamente el estado de los cables y ganchos utilizados para el transporte de cargas.

##### **ALBAÑILERÍA**

Se asegurará que todos los elementos del encofrado están firmemente sujetos antes de abandonar el puesto de trabajo.

Se revisarán diariamente la estabilidad y buena colocación de los andamios, así como el estado de los materiales que lo componen, antes de iniciar los trabajos.

Se extremará esta precaución cuando los trabajos hayan estado interrumpidos más de un día y/o de alteraciones atmosféricas de lluvia o heladas.

Antes de la puesta en marcha se comprobará siempre el estado del disco de la sierra circular y el correcto emplazamiento y articulación de sus protectores y resguardos.

Se revisará periódicamente el estado de los cables y ganchos utilizados para el transporte de cargas.

## **DEMOLICIÓN MANUAL**

La empresa contratista principal de la demolición, deberá demostrar que dispone de un programa de homologación de proveedores, normalización de herramientas, máquinas herramientas y medios auxiliares, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y reposición, de aquellos cuyo deterioro por el desgaste normal de uso, haga desaconsejable su utilización en la doble vertiente de calidad y seguridad en el trabajo, durante este derribo.

Debe comprobarse que tras la eliminación y descarga de partes de la edificación no se ha dañado directamente por rotura las partes a conservar.

Al suspender los trabajos, no deben quedar partes en equilibrio inestable.

En caso de imposibilidad material, se aislará mediante obstáculos físicos y se señalizará la zona susceptible de desplome.

Se procederá a la restitución de la vegetación y árboles de gran porte cuya servidumbre de mantenimiento era previa a la demolición.

Realizada la demolición, se efectuará una revisión general de las lesiones ocasionadas en las construcciones circundantes (edificaciones medianeras, sumideros, arquetas, pozos, colectores, servicios urbanos y líneas afectadas), restituyéndolas al estado previo al inicio de los trabajos.

Se comprobará con posterioridad a la demolición, el mantenimiento de las condiciones de orden legal, servidumbres y derechos que aparecen y desaparecen, como consecuencia de la misma así como las posibles repercusiones de tipo técnico y económico de la nueva situación del solar.

Se comprobará con posterioridad a la demolición, la nueva situación urbanística y su impacto en el entorno por la desaparición de la edificación y la nueva configuración a adoptar con relación a las condiciones de partida previas a la demolición.

## **FALSOS TECHOS**

Se revisará diariamente el estado del cable de los aparatos de elevación, detectando deshilachados, roturas o cualquier otro desperfecto que impida el uso de estos cables con entera garantía así como las eslingas.

Efectuar al menos trimestralmente una revisión a fondo de los elementos de los aparatos de elevación, prestando especial atención a cables, frenos, contactos eléctricos y sistemas de mando.

Realizar el mantenimiento preventivo de la grúa de conformidad a la ITC-AEM2 sobre grúas torre.

Antes de la puesta en marcha se comprobará siempre el estado del disco de la sierra circular y el correcto emplazamiento y articulación de sus protectores y resguardos.

Se revisará periódicamente el estado de los cables y ganchos utilizados para el transporte de cargas.

## **INSTALACIONES ELÉCTRICAS BAJA TENSIÓN**

La empresa contratista principal de la demolición, deberá demostrar que dispone de un programa de homologación de proveedores, normalización de herramientas, máquinas herramientas y medios auxiliares, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y reposición, de aquellos cuyo deterioro por el desgaste normal de uso, haga desaconsejable su utilización en la doble vertiente de calidad y seguridad en el trabajo, durante este derribo.

Debe comprobarse que tras la eliminación y descarga de partes de la edificación no se ha dañado directamente por rotura las partes a conservar.

Al suspender los trabajos, no deben quedar partes en equilibrio inestable. En caso de imposibilidad material, se aislará mediante obstáculos físicos y se señalizará la zona susceptible de desplome.

Se procederá a la restitución de la vegetación y árboles de gran porte cuya servidumbre de mantenimiento era previa a la demolición.



Realizada la demolición, se efectuará una revisión general de las lesiones ocasionadas en las construcciones circundantes (edificaciones medianeras, sumideros, arquetas, pozos, colectores, servicios urbanos y líneas afectadas), restituyéndolas al estado previo al inicio de los trabajos.

Se comprobará con posterioridad a la demolición, el mantenimiento de las condiciones de orden legal, servidumbres y derechos que aparecen y desaparecen, como consecuencia de la misma así como las posibles repercusiones de tipo técnico y económico de la nueva situación del solar.

Se comprobará con posterioridad a la demolición, la nueva situación urbanística y su impacto en el entorno por la desaparición de la edificación y la nueva configuración a adoptar con relación a las condiciones de partida previas a la demolición.

Medidas preventivas de esta fase de obra ya incluidas en el epígrafe de medidas preventivas generales.

## **SOLADOS Y ALICATADOS**

Mantenimiento preventivo particular ya incluido en el presente estudio.

### **7.6.5.7 INSTALACIONES GENERALES DE HIGIENE EN LA OBRA**

Servicios higiénicos:

Cuando los trabajadores tengan que llevar ropa especial de trabajo deberán tener a su disposición vestuarios adecuados. Los vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo. Cuando las circunstancias lo exijan (por ejemplo, sustancias peligrosas, humedad, suciedad), la ropa de trabajo deberá poner guardarse separada de la ropa de calle y de los efectos personales. Cuando los vestuarios no sean necesarios, en el sentido del párrafo primero de este apartado, cada trabajador deberá poder disponer de un espacio para colocar su ropa y sus objetos personales bajo llave.

Cuando el tipo de actividad o la salubridad lo requieran, lo requieran, se deberán poner a disposición de los trabajadores duchas apropiadas y en número suficientes. Las duchas

deberán tener dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene. Las duchas deberán disponer de agua corriente, caliente y fría.

Cuando, con arreglo al párrafo primero de este apartado, no sean necesarias duchas, deberán tener lavabos suficientes y apropiados con agua corriente, caliente si fuese necesario cerca de los puestos de trabajo y de los vestuarios.

Si las duchas o los lavabos y los vestuarios estuvieren separados, la comunicación entre uno y otros deberá ser fácil

Los trabajadores deberán disponer en las proximidades de sus puestos de trabajo de los locales de descanso, de los vestuarios y de las duchas o lavabos, de locales especiales equipados con un núm. suficiente de retretes y de lavabos.

Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberán preverse una utilización por separado de los mismos.

Locales de descanso o de alojamiento:

Cuando lo exijan la seguridad o la salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivo de alejamiento de la obra, los trabajadores deberán poder disponer de locales de descanso y, en su caso, de locales de alojamiento de fácil acceso.

Los locales de descanso o de alojamiento deberán tener unas dimensiones suficientes y estar amueblados con un número de mesas y de asientos con respaldo acorde con el número de trabajadores.

Cuando no existan estos tipos de locales se deberá poner a disposición del personal otro tipo de instalaciones para que puedan ser utilizadas durante la interrupción del trabajo.

Cuando existan locales de alojamiento dichos, deberán disponer de servicios higiénicos en número suficiente, así como de una sala para comer y otra de esparcimiento. Dichos locales deberán estar equipados de camas, armarios, mesas y sillas con respaldo acordes al número de trabajadores, y se deberá tener en cuenta, en su caso, para su asignación, la presencia de trabajadores de ambos sexos.

En los locales de descanso o de alojamiento deberán tomarse medidas adecuadas de protección para los no fumadores contra las molestias debidas al humo del tabaco.

#### **7.6.5.8 VIGILANCIA DE LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS EN LA OBRA**

##### **VIGILANCIA DE LA SALUD**

Indica la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (ley 31/95 de 8 de Noviembre), en su Art. 22 que el Empresario deberá garantizar a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes a su trabajo.

Esta vigilancia solo podrá llevarse a efecto con el consentimiento del trabajador exceptuándose, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o para verificar si el estado de la salud de un trabajador, puede constituir un peligro para si mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa o cuando esté establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

En todo caso se optará por aquellas pruebas y reconocimientos que produzcan las mínimas molestias al trabajador y que sean proporcionadas al riesgo.

Las medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona del trabajador y la confidencialidad de toda la información relacionada con su estado de salud. Los resultados de tales reconocimientos serán puestos en conocimiento de los trabajadores afectados y nunca podrán ser utilizados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador.

El acceso a la información médica de carácter personal se limitará al personal médico y a las autoridades sanitarias que lleven a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores, sin que pueda facilitarse al empresario o a otras personas sin conocimiento expreso del trabajador.

No obstante lo anterior, el empresario y las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se deriven de los

reconocimientos efectuados en relación con la aptitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de prevención y protección, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materias preventivas.

En los supuestos en que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo haga necesario, el derecho de los trabajadores a la vigilancia periódica de su estado de salud deberá ser prolongado más allá de la finalización de la relación laboral, en los términos que legalmente se determinen.

Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo por personal sanitario con competencia técnica, formación y capacidad acreditada.

El R.D. 39/97 de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, establece en su Art. 37.3 que los servicios que desarrollen funciones de vigilancia y control de la salud de los trabajadores deberán contar con un médico especialista en Medicina del Trabajo o Medicina de Empresa y un ATS/DUE de empresa, sin perjuicio de la participación de otros profesionales sanitarios con competencia técnica, formación y capacidad acreditada.

La actividad a desarrollar deberá abarcar:

Evaluación inicial de la salud de los trabajadores después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud.

Evaluación de la salud de los trabajadores que reanuden el trabajo tras una ausencia prolongada por motivos de salud, con la finalidad de descubrir sus eventuales orígenes profesionales y recomendar una acción apropiada para proteger a los trabajadores. Y, finalmente, una vigilancia de la salud a intervalos periódicos.

La vigilancia de la salud estará sometida a protocolos específicos u otros medios existentes con respecto a los factores de riesgo a los que esté sometido el trabajador.

La periodicidad y contenido de los mismos se establecerá por la Administración oídas las sociedades científicas correspondientes. En cualquier caso incluirán historia clínico-laboral, descripción detallada del puesto de trabajo, tiempo de permanencia en el mismo y riesgos detectados y medidas preventivas adoptadas.

Deberá contener, igualmente, descripción de los anteriores puestos de trabajo, riesgos presentes en los mismos y tiempo de permanencia en cada uno de ellos.

El personal sanitario del servicio de prevención deberá conocer las enfermedades que se produzcan entre los trabajadores y las ausencias al trabajo por motivos de salud para poder identificar cualquier posible relación entre la causa y los riesgos para la salud que puedan presentarse en los lugares de trabajo.

Este personal prestará los primeros auxilios y la atención de urgencia a los trabajadores víctimas de accidentes o alteraciones en el lugar de trabajo.

El Art. 14 del Anexo IV A del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre de 1.997 por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, indica las características que debe reunir el lugar adecuado para la práctica de los primeros auxilios que habrán de instalarse en aquellas obras en las que por su tamaño o tipo de actividad así lo requieran.

#### **7.6.5.9 OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO EN MATERIA FORMATIVA ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS**

Formación de los trabajadores:

El artículo 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/95 de 8 de Noviembre) exige que el empresario, en cumplimiento del deber de protección, deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, a la contratación, y cuando ocurran cambios en los equipos, tecnologías o funciones que desempeñe.

Tal formación estará centrada específicamente en su puesto o función y deberá adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos. Incluso deberá repetirse si se considera necesario.

La formación referenciada deberá impartirse, siempre que sea posible, dentro de la jornada de trabajo, o en su defecto, en otras horas pero con descuento en aquella del tiempo invertido en la misma. Puede impartirla la empresa con sus medios propios o con otros concertados, pero su coste nunca recaerá en los trabajadores.

Si se trata de personas que van a desarrollar en la Empresa funciones preventivas de los niveles básico, intermedio o superior, el R.D. 39/97 por el que se aprueba el Reglamento de los

Servicios de Prevención indica, en sus Anexos III al VI, los contenidos mínimos de los programas formativos a los que habrá de referirse la formación en materia preventiva.

## **7.7 LEGISLACIÓN, NORMATIVAS Y CONVENIOS DE APLICACIÓN AL PRESENTE ESTUDIO:**

- LEGISLACIÓN:

LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (LEY 31/95 DE 8/11/95).

REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN (R.D. 39/97 DE 7/1/97).

ORDEN DE DESARROLLO DEL R.S.P. (27/6/97).

DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (R.D.485/97 DE 14/4/97).

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO (R.D. 486/97 DE 14/4/97).

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA MANIPULACIÓN DE CARGAS QUE ENTRAÑEN RIESGOS, EN PARTICULAR DORSOLUMBARES, PARA LOS TRABAJADORES (R.D. 487/97 DE 14/4/97).

PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS DURANTE EL TRABAJO (R.D. 664/97 DE 12/5/97).

EXPOSICIÓN A AGENTES CANCERÍGENOS DURANTE EL TRABAJO (R.D. 665/97 DE 12/5/97).

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (R.D. 773/97 DE 30/5/97).

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO (R.D. 1215/97 DE 18/7/97).

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN (RD. 1627/97 de 24/10/97).

ORDENANZA LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN VIDRIO Y CERÁMICA (O.M. de 28/8/70).

ORDENANZA GENERAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO (O.M. DE 9/3/71)  
Exclusivamente su Capítulo VI, y art. 24 y 75 del Capítulo VII.

REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (OM de 31/1/40)  
Exclusivamente su Capítulo VII.

REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN (R.D. 842/2002).

O.M. 9/4/86 SOBRE RIESGOS DEL PLOMO.

R. MINISTERIO DE TRABAJO 11/3/77 SOBRE EL BENCENO.

O.M. 26/7/93 SOBRE EL AMIANTO.

R.D. 1316/89 SOBRE EL RUIDO.

R.D. 53/92 SOBRE RADIACIONES IONIZANTES.

**- NORMATIVAS:**

Norma NTE ISA/1973 Alcantarillado

ISB/1973 Basuras

ISH/1974 Humos y gases

ISS/1974 Saneamiento

Norma UNE 81 707 85 Escaleras portátiles de aluminio simples y de extensión.

Norma UNE 81 002 85 Protectores auditivos. Tipos y definiciones.

Norma UNE 81 101 85 Equipos de protección de la visión. Terminología. Clasificación y uso.

Norma UNE 81 200 77 Equipos de protección personal de las vías respiratorias. Definición y clasificación.

Norma UNE 81 208 77 Filtros mecánicos. Clasificación. Características y requisitos.

Norma UNE 81 250 80 Guantes de protección. Definiciones y clasificación.

Norma UNE 81 304 83 Calzado de seguridad. Ensayos de resistencia a la perforación de la suela.

Norma UNE 81 353 80 Cinturones de seguridad. Clase A: Cinturón de sujeción. Características y ensayos.

Norma UNE 81 650 80 Redes de seguridad. Características y ensayos.

#### **- CONVENIOS:**

CONVENIOS DE LA OIT RATIFICADOS POR ESPAÑA:

Convenio n° 62 de la OIT de 23/6/37 relativo a prescripciones de seguridad en la industria de la edificación. Ratificado por Instrumento de 12/6/58. (BOE de 20/8/59).

Convenio n° 167 de la OIT de 20/6/88 sobre seguridad y salud en la industria de la construcción.

Convenio n° 119 de la OIT de 25/6/63 sobre protección de maquinaria. Ratificado por Instrucción de 26/11/71.(BOE de 30/11/72).

Convenio n° 155 de la OIT de 22/6/81 sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo. Ratificado por Instrumento publicado en el BOE de 11/11/85.

Convenio n° 127 de la OIT de 29/6/67 sobre peso máximo de carga transportada por un trabajador. (BOE de 15/10/70).

## **7.8 CONCLUSIÓN**

Con todo lo descrito en el presente Estudio de Seguridad y Salud, quedan definidos todos los riesgos y prevenciones que se estiman necesarios para la maquinaria, instalaciones y unidades de obra que se utilizarán.

Si se realizar alguna actividad no contemplada específicamente en este estudio, o se cambiara algún planteamiento de los aquí desarrollados, se deberá consultar con el responsable Técnico Facultativo, las medidas a adoptar en su caso. Las normas de seguridad a adoptarse en tal caso se harán constar en el Libro de Órdenes de la Obra.





## 8 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt se trata de una herramienta muy útil de planificación de proyectos de gran envergadura. Agrupa las actividades, de forma genérica, y las distribuye en el tiempo de acuerdo a la duración estimada que tendrá la realización de las mismas en la puesta en práctica del proyecto de ejecución.

De una forma sencilla y visual, puede apreciarse cada una de las fases de puesta en marcha del proyecto. Es una herramienta básica de gestión de proyectos.

Para el presente proyecto se estima la duración total de la obra en 297 días, que equivalen a casi diez meses. El desglose de actividades se muestra en la siguiente tabla.

Nº	ACTIVIDADES	DURACIÓN (días)	PRECEDENCIA (nº)
1	1. INGENIERÍA	153	-
2	1.1 Ingeniería Básica	40	-
3	1.2 Ingeniería de instalaciones	52	2
4	1.3 INGENIERÍA DE DETALLE	82	1
5	1.3.1 Ingeniería detalle explanación y cimentaciones	25	3
6	1.3.2 Ingeniería detalle equipos mecánicos	15	3
7	1.3.3 Ingeniería detalle tuberías y equipos auxiliares	42	6
8	2. SUMINISTRO	93	1
9	2.1 Suministro equipos auxiliares	26	3 y 7
10	2.2 Suministro equipos mecánicos	54	3 y 6
11	2.3 Suministro tuberías y accesorios	35	7 y 10
12	3. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	162	1 y 2
13	3.1 Explanación y construcción cimentaciones	70	2 y 5
14	3.2 Montaje equipos mecánicos	6	6 y 10
15	3.3 Montaje tuberías y equipos auxiliares	35	7 y 11
16	3.4 Acabados	35	13, 14 y 15
17	4. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	38	12
18	4.1 Pruebas tuberías y equipos	20	14 y 15
19	4.2 Pruebas en marcha	6	14 y 18
20	4.3 Puesta en operación	6	19
21	4.4 Garantías y recepción	6	20
<b>TOTAL DE LA OBRA</b>		<b>297</b>	

Tabla 80. Actividades, duración y precedencia

A continuación se muestra el diagrama de Gantt

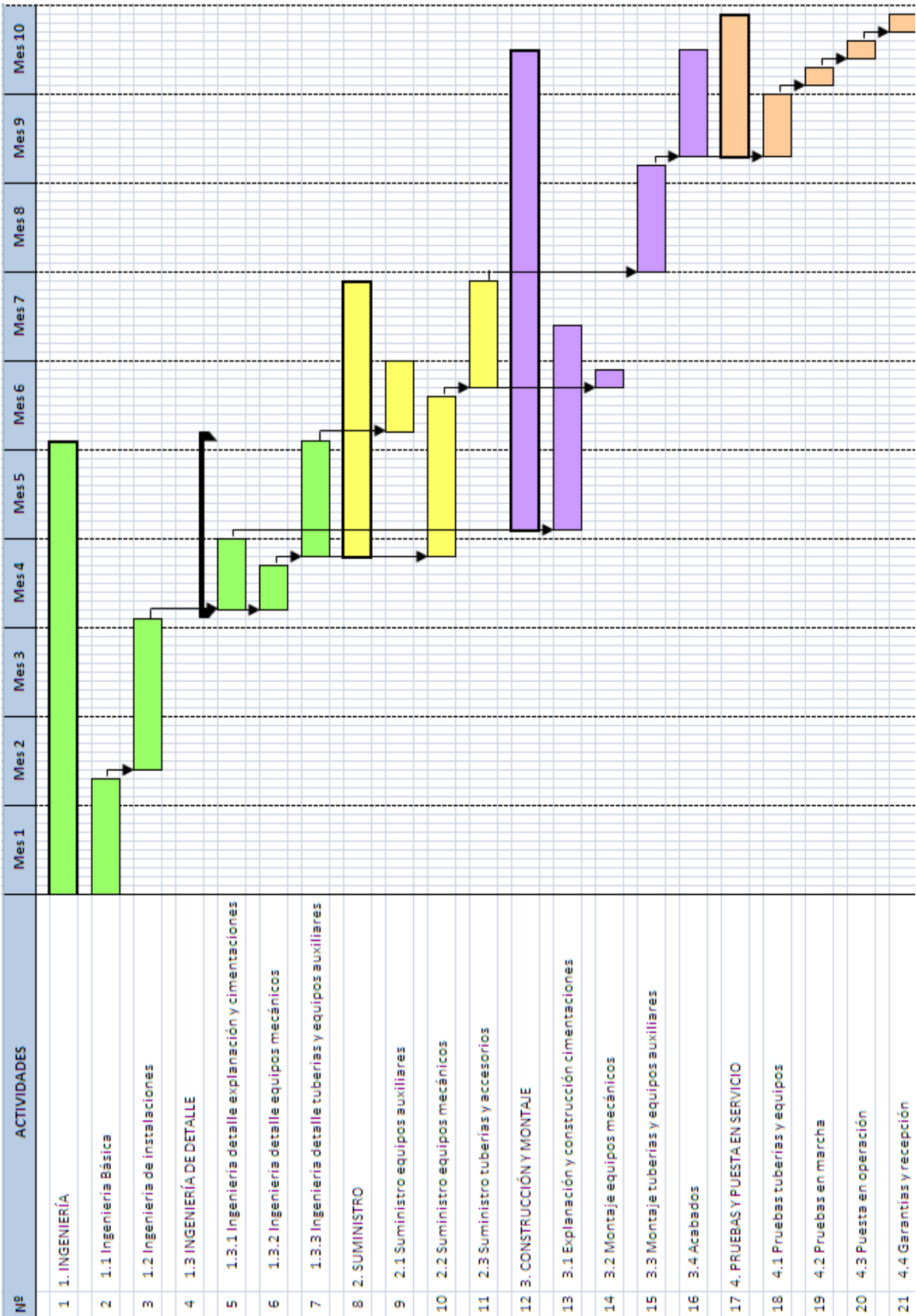


Figura 11. Diagrama de Gantt

En función de las actividades a realizar, y de los tiempos de ejecución y precedencias de cada una de ellas, se puede establecer una red de actividades que ayude a la planificación de la puesta en marcha del proyecto.

Además se fija el camino crítico (en verde), que establece las actividades, que por su precedencia o su descendencia, suponen el camino más largo en cuanto a tiempo de ejecución total del proyecto.

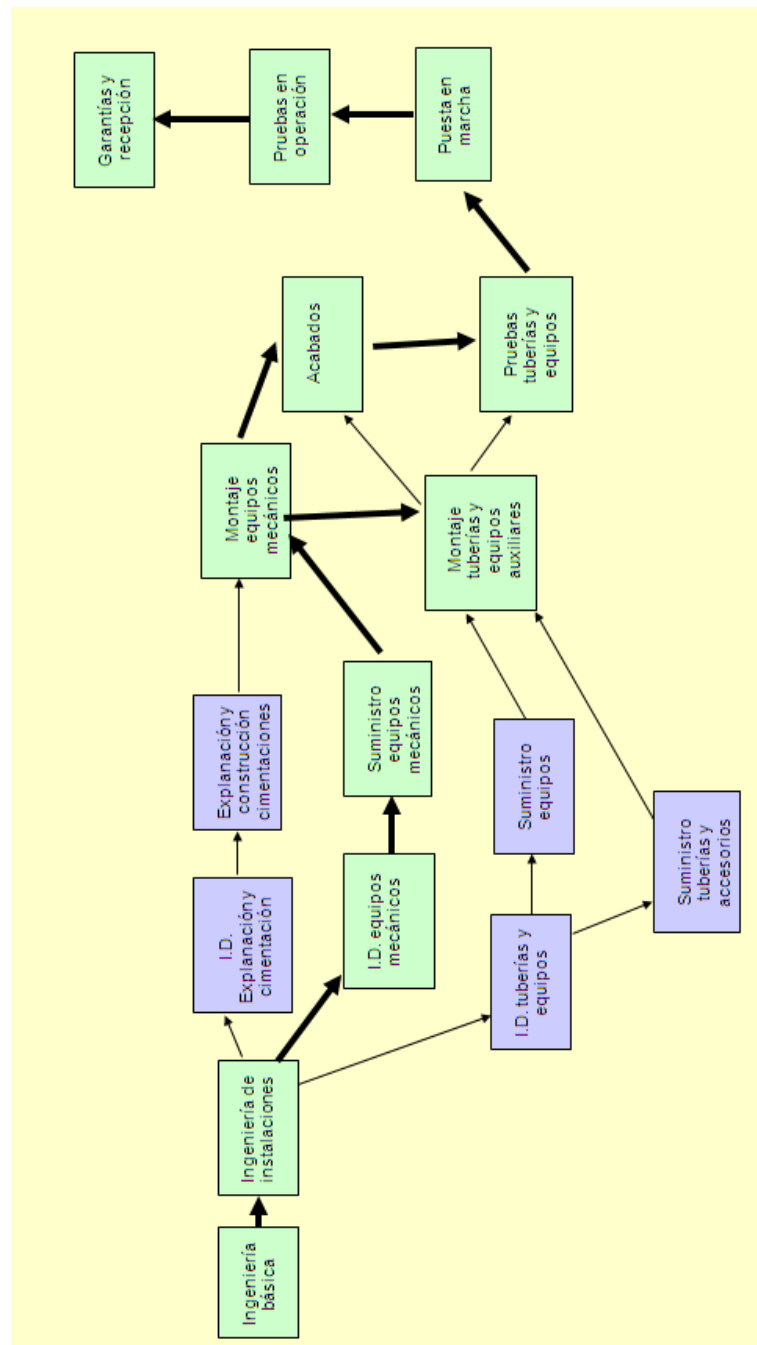


Figura 12. Red de actividades y camino crítico



## 9 Bibliografía

- [1] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio.
- [2] Código Técnico de la Edificación (CTE).
- [3]. VDI 4640. Thermal Use of Underground, Guideline of German Association of Engineers. Beuth Verlag, Berlín. 2002
- [4] Guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica. IDAE. 2010.
- [5] Guía técnica de instalaciones de climatización por agua. IDAE. 2008.
- [6] Agencia estatal de meteorología. AEMET.
- [7] Geothermal energy and heat storage. Paud, D. 2002
- [8] Hoja Magna nº559 de Madrid. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). 2004.
- [9] Energía Geotérmica. Pous, Jaume; Jutgar, Lluís. Ediciones Ceac. 2004.
- [10] Bombas de calor y energías renovables en edificios. Rey Martínez, F.J.; Velasco Gómez, Eloy. Thomson Editores Spain Paraninfo. 2005.
- [11] Artículo científico: Bombas de calor geotérmicas. Zamora García, M. Eficiencia en la climatización. Universidad Pontificia Comillas. Madrid. 2008.
- [12] La energía geotérmica. Vuataz, Francois-D. Revista DYNA Ingeniería e Industria. Año LXXXI-nº2. Marzo, 2006.
- [13] Ahorro de energía: aprovechamiento de la energía geotérmica en las instalaciones de climatización. García López, Ana María. Revista Instalaciones técnicas del confort nº169. Mayo, 2005.
- [14] Requisitos mínimos para la limitación de la demanda energética en los edificios. Molina, Jose Luis. Revista Instalaciones técnicas del confort nº169. Mayo, 2005.
- [15] Manual de climatización. Pinazo Ojer, Jose Manuel. Servicio de publicaciones de la universidad politécnica de Valencia. 1995.
- [16] Manual de climatización. Torrella Alcaraz, Enrique. Ediciones A. Madrid Vicente. 2005.

### **Páginas web**

<http://geothermal.org>

[www.aemet.es](http://www.aemet.es)

[www.igme.es](http://www.igme.es)

[www.idae.es](http://www.idae.es)

[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)

[www.ferroli.es](http://www.ferroli.es)

[www.rehau.com](http://www.rehau.com)

[www.termoven.es](http://www.termoven.es)

[www.sedical.com](http://www.sedical.com)

[www.repsol.com](http://www.repsol.com)

[www.empresaeficiente.com](http://www.empresaeficiente.com)

